

MARCOS EDUARDO FERREIRA

**ESTIAGENS NO ESTADO DO PARANÁ 1971 - 2004**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia, Curso de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Inês Moresco Danni-Oliveira

CURITIBA

2007

Ferreira, Marcos Eduardo

Estiagens no Estado do Paraná 1971-2004 / Marcos Eduardo Ferreira. - Curitiba, 2007.

162 f. : il., tabs, grafs.

Orientadora: Inês Moresco Danni-Oliveira

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Curso de Pós-Graduação em Geografia.  
Inclui Bibliografia.

1. Secas – Paraná. 2. Estiagem – Paraná. 3. Água. 3. População. 4. Clima. I. Danni-Oliveira, Inês Moresco. II. Título. III. Universidade Federal do Paraná.

CDD 981.62

## TERMO DE APROVAÇÃO

MEC-UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA –  
MESTRADO E DOUTORADO



### PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Geografia, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **MARCOS EDUARDO FERREIRA**, intitulada: **“A INCIDÊNCIA DAS ESTIAGENS NO ESTADO DO PARANÁ 1971 - 2004”**, para obtenção do grau de **Mestre** em Geografia, do Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **Espaço, Sociedade e Ambiente**.

Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela **APROVAÇÃO** da Dissertação.

Curitiba, 27 de junho de 2007.

Nome e assinatura da Banca Examinadora:

**Dra. Inês Moresco Danni-Oliveira**  
(Orientadora e Presidente da Banca)

**Dr. Francisco de Assis Mendonça – UFPR**

**Dr. José Bueno Conti - USP**

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais Lauresto e Floripa, à minha esposa Elizete e aos meus filhos Eduardo, Heloísa e Laís.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Suderhsa por fornecer os dados utilizados nesta pesquisa, e em particular ao Engenheiro Edson Nagashima. Ao professor Marcos Aurélio T. Da Silveira que foi uma das primeiras pessoas a darem incentivos para a entrada no curso de Mestrado. Agradeço, em especial à minha orientadora, professora Inês Moresco Danni-Oliveira, que sempre foi uma pessoa inspiradora e que durante todo o período da elaboração desta dissertação, forneceu apoio e orientação. Ao excelente profissional, Secretário do curso de Pós Graduação, na pessoa que tornou-se um amigo, Luiz Carlos Zem. A Rui Thieme, que ajudou nos momentos estatísticos. Aos tios Waldomiro e Julia, que mesmo apesar da distância, apoiaram de muitas maneiras o nosso trabalho de pesquisa. À Ângela, que pode auxiliar em diversas questões técnicas com relação à regras, estrutura e escrita. À Elizete, minha esposa, que me apoiou durante todo o tempo, aos meus filhos que foram fonte de força para conseguir completar todo o processo. E logicamente a meus pais que deram apoio e confiança para eu estudar sempre. E em especial ao meu Pai Celestial que sempre ajudou, principalmente nos momentos mais difíceis. Completando, aos professores do curso de Geografia que compartilharam seus conhecimentos. A todos, meus sinceros agradecimentos.

## EPÍGRAFE

” É melhor tentar e falhar, que preocupar-se e ver a vida passar;  
é melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se fazendo nada até o final.  
Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias tristes em casa me esconder.  
Prefiro ser feliz, embora louco, que em conformidade viver ...”

Martin Luther King

## RESUMO

A presente pesquisa, elaborado no âmbito da geografia climática, estuda a incidência das estiagens no estado do Paraná por um período aproximado de 34 anos. Este problema é analisado de maneira comparativa através dos dados fornecidos por diferentes órgãos do governo e armazenados pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (Suderhsa). As estiagens sempre ocorreram no Estado do Paraná, mas nos últimos anos este tipo de fenômeno tem se repetido e trazido consequências inconvenientes para a vida humana e para a economia dos municípios mais afetados. As modificações na estrutura física do território paranaense pode ser um motivo de alterações da distribuição das chuvas, já que a vegetação nativa foi drasticamente reduzida, bem como o aumento do número de cidades e do aumento da industrialização. O aumento da população nas últimas décadas foi um fator importantes para o incremento nas alterações do território paranaense. Logicamente fatores mundiais também podem influenciar nos impactos ambientais do Estado do Paraná. Nosso estudo pretende pesquisar a frequência com que as estiagens ocorreram e a intensidade de algumas delas, as causas específicas porque esta ocorreram não serão pesquisadas neste momento. O método utilizado foi o de Robertson (1982) e os dados utilizados foram retirados de 100 estações pluviométricas entre 1971 a 2004. A partir da década de 70 podemos observar várias estiagens que levaram o racionamento de água em muitos municípios. Com o passar das décadas ocorreu um grande aumento das populações nos principais centros urbanos como Ponta Grossa, Maringá e Curitiba, e com isso também aumento do consumo de água. Até a pouco tempo não se considerava necessário o racionamento deste mineral, pois era considerado inesgotável em regiões de climas tropicais e temperados como em nosso país. Hoje, porém, esta forma de pensar da sociedade já está sendo alterada. É comum a necessidade do controle do consumo de água potável onde antes era abundante e barata. Desta forma novas maneiras de se obter mais recursos hídricos são pesquisadas. A cada dia intensifica-se o consumo da água para as necessidades básicas, para a agricultura e para a indústria. Assim, estamos em um período da história onde surge o mister da conscientização de um consumo mais racional por parte de todos, indústria, agricultura e cidadãos. A população do Paraná e do Brasil também participa desta nova mudança de conceitos.

Palavras chave: estiagem, água, população, clima.

## ABSTRACTS

The present research, elaborated in the extent of the climatic geography, studies the incidence of the droughts in the state of Paraná for an approximate period of 34 years. This problem is analyzed in a comparative way through the data supplied by the government's different organs and stored by Suderhsa. The droughts always happened in the State of Paraná, but in the last years this phenomenon type has if repeated and brought inconvenient consequences for the human life and for the economy of the most affected municipal districts. Alterations in the world climate, the increase of the temperatures of the planet and modifications in the physical structure of the territory paranaense, as for instance the alteration in the native vegetation, they can be mentioned as possible causes of the local climatic modifications. Our study intends to research the frequency with that the droughts happened and the intensity of some of them, the specific causes because this happened won't be researched at this time. The used method was it of Robertson (1982) and the used data were solitary of 100 stations pluviométricas among 1971 to 2004. Starting from the decade of 70 we can observe several droughts that took the rationing of water in many municipal districts. With passing of the decades it happened a great increase of the populations in the main urban centers like Ponta Grossa, Maringá and Curitiba, and with that also increase of the consumption of water. To little time he/she was not considered necessary the rationing of this mineral, because it was considered inexhaustible in areas of tropical and temperate climates as in our country. Today, however, this form of thinking of the society is already being altered. It is common to need of the control of the consumption of drinking water where before it was abundant and cockroach. This way new ways of obtaining more resources hídricos are researched. Every day intensifies the consumption of the water for the basic needs, for the agriculture and for the industry. Like this, we are in a period of the history where the occupation of the understanding of a more rational consumption appears on the part of all, industry, agriculture and citizens. The population of Paraná and of Brazil it also participates in this new change of concepts.

Keywords: drought, water, population, climatic.

## SUMÁRIO

Lista de figuras

Lista de Tabelas

Lista de Gráficos

1.	INTRODUÇÃO .....	p. 01
1.1.	OBJETIVOS DA PESQUISA .....	p. 19
1.2.	METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS .....	p. 20
1.2.1	DEFINIÇÕES DA ESCASSEZ DE ÁGUA .....	p. 53
2.	ASPECTOS DA VEGETAÇÃO E DA POPULAÇÃO DO PARANÁ ...	p. 53
3.	ASPECTOS CLIMÁTICOS .....	p. 58
3.1.	OS SISTEMAS DE CIRCULAÇÃO DE AR DA AMÉRICA DA REGIÃO SUL .....	p. 68
3.2	EL NIÑO E ANTI- EL NIÑO .....	p. 77
3.2.	OS ASPECTOS PLUVIOMÉTRICOS DO PARANÁ .....	p. 81
4.	AMOSTRAGEM DA VARIABILIDADE ANUAL DAS CHUVAS DO PARANÁ. ....	p. 82
5.	A FREQUÊNCIA DAS ESTIAGENS NO PARANÁ PARA 1971 A 2004 .....	p. 83
5.1.	A FREQUÊNCIA DAS ESTIAGENS NA DÉCADA DE 70 .....	p. 90
5.2.	A FREQUÊNCIA DAS ESTIAGENS NA DÉCADA DE 80 .....	p. 94
5.3.	A FREQUÊNCIA DAS ESTIAGENS NA DÉCADA DE 90 .....	p. 98
5.4.	A FREQUÊNCIA DAS ESTIAGENS PARA O INÍCIO DA DÉCADA 2000 .....	p. 102
5.5.1.	A EVOLUÇÃO DAS ESTIAGENS NO PARANÁ 1971-2004 .....	p. 106
6.	ESTUDO DE CASO.....	p. 109
7.	AMOSTRAGEM DA VARIABILIDADE INTERANUAL DAS CHUVAS .....	p.115
7.1	RIBEIRÃO CLARO .....	p. 116
7.2	PRUDENTÓPOLIS .....	p. 117
7.3	CENTENÁRIO DO SUL.....	p. 118
7.4	TIBAGI.....	p. 119
7.5	GUAÍRA .....	p. 120
7.6	UBIRATÃ .....	p. 121
7.7	MORRETES .....	p. 122

7.8 SÃO PEDRO DO PARANÁ .....	p. 123
7.9 CURITIBA .....	p. 124
7.10 SENGÉS .....	p. 125
7.11 CORNÉLIO PROCÓPIO.....	p. 126
7.12 GENERAL CARNEIRO .....	p. 127
7.13 NOVA LONDRINA .....	p. 128
7.14 ORTIGUEIRA .....	p. 129
7.15 OURIZONA.....	p. 130
7.16 PONTA GROSSA.....	p. 117
7.17 RIO NEGRO.....	p. 117
7.18 ROLÂNDIA .....	p. 117
7.19 PIÊN .....	p. 117
7.20 LAPA.....	p. 117
7.21 ANÁLISE DAS PRECIPITAÇÕES TOTAIS DOS 20 MUNICÍPIOS .....	p. 136
 8. CONCLUSÃO .....	p. 137
 9. REFERÊNCIAS .....	p. 142

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – O ciclo hidrológico da Água na Natureza .....	p. 07
Figura 02 – Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais Para o Estado do Paraná .....	p. 11
Figura 03 – Consumo Médio de água Por Atividade econômica .....	p. 14
Figura 04 – Municípios da região oeste onde ocorreram estiagens em 2005 .....	p. 16
Figura 05 – Municípios selecionados do Estado do Paraná .....	p. 22
Figura 06 – A variabilidade climática natural .....	p. 35
Figura 07 – Balanço hídrico do Paraná .....	p. 43
Figura 08 –Vegetação original do Paraná .....	p. 54
Figura 09 –Vegetação atual do Paraná .....	p.54
Figura 10 –Uso do solo do Estado do Paraná .....	p. 56
Figura 11 – Densidade demográfica do Estado do Paraná .....	p. 57
Figura 12 –Localização do Estado do Paraná – Brasil .....	p. 58
Figura 13 – Climas do Estado do Paraná Classificação de Koeppen .....	p. 59
Figura 14 – Paraná Chuvas mensais .....	p.62
Figura 15 – Precipitação média anual do Paraná .....	p.64
Figura 16 – Balanço Hídrico do Paraná .....	p. 65
Figura 17 – Divisão do relevo do Estado do Paraná .....	p.66
Figura 18 – Hipsometria do Estado do Paraná .....	p. 67
Figura 19 – Centros de ação de massas de ar na América do Sul .....	p. 68

Figura 20 – Sistema de Circulação térmica perturbada na Região Sul .....	p. 70
Figura 21 – Circulação de massas de ar na América do Sul .....	p. 72
Figura 22 – Condições normais (Niño) .....	p. 78
Figura 23 – Condições de El Niño .....	p.79
Figura 24 – Condições de La Niña ou Anti-el Niño .....	p.80
Figura 25 – Mesorregiões do Estado do Paraná .....	p. 81
Figura 26 –Total de estiagens 1971-2004 .....	p. 87
Figura 27 – Média do total de estiagens 1971-2004 .....	p. 89
Figura 28 – Estiagens década de 70.....	p. 91
Figura 29 – Média das estiagens na década 70.....	p. 93
Figura 30 – Estiagens na década de 80 .....	p. 95
Figura 31 - Média das estiagens na década 80.....	p.97
Figura 32 – Estiagem década 90 .....	p. 99
Figura 33 – Média das estiagens na década de 90 .....	p. 101
Figura 34 – Estiagens de 2001-2004.....	p. 103
Figura 35 – Média das estiagens de 2001-2004 .....	p. 105
Figura 36 – Município de Palmeira no Estado do Paraná .....	p. 109



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição da água através do globo terrestre .....	p. 03
Tabela 2 – Disponibilidade da água por região .....	p.05
Tabela 3 – Tendências recentes, avaliação da influencia humana na tendência e projeções de eventos climáticos extremos para os quais haja uma tendência observada no final do século .....	p. 08
Tabela 4 – Totais mensais de pluviosidade para o município de Curitiba – exemplo .....	p. 25
Tabela 5 – Distribuição em porcentagem das áreas onde ocorreram secas e subsecas no Paraná .....	p.75
Tabela 6 – Tabela Geral de Dados dos Municípios do Seleccionados parte 1 .....	p. 84
Tabela 7 – Tabela Geral de Dados dos Municípios do Seleccionados parte 2 .....	p. 85
Tabela 8 – Total de estiagens da década de 70 .....	p.91
Tabela 9 – Estiagens década 70 – Médias .....	p. 94
Tabela 10 – Estiagens década 80 – Total .....	p.96
Tabela 11 – Estiagens década 80 – Médias .....	p. 97
Tabela 12 – Estiagens década 90 - Total .....	p. 99
Tabela 13 – Estiagens década 90 – Médias .....	p. 102
Tabela 14 – Estiagens 2001- 2004 – Total .....	p. 103
Tabela 15 – Estiagens médias 2001-2004 .....	p. 106
Tabela 16 – Totais de Estiagens 1971-2004 .....	p. 108

Tabela 17 – Médias de estiagens 1971-2004 ..... p. 108

Tabela 18 – Índices de pluviosidade do município de Palmeira ..... p. 112

Tabela 19 – Incidência de meses classificados com estiagens, chuvosos e normais 1971-2004 - Município de Palmeira ..... p. 113

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Maior período seco por ano no Paraná para os municípios de Londrina, Cambará e Ponta Grossa .....	p. 76
Gráfico 02 – Estiagens mensais município de Palmeira anos 1971 a 2004 .....	p. 114
Gráfico 03 – Pluviosidade total Ribeirão Claro 1976-2004 .....	p. 116
Gráfico 04 – Pluviosidade total Prudentópolis 1971-2004 .....	p. 117
Gráfico 05 – Pluviosidade total Centenário do Sul 1975-2004 .....	p. 118
Gráfico 06 – Pluviosidade total Tibagi 1971-2004 .....	p. 119
Gráfico 07 – Pluviosidade total Guaíra 1971-2004 .....	p. 120
Gráfico 08 – Pluviosidade total Ubatã 1971-2004 .....	p. 121
Gráfico 09 – Pluviosidade total Morretes 1971-2004 .....	p. 122
Gráfico 10 – Pluviosidade total São Pedro do Paraná 1976-2004 .....	p. 123
Gráfico 11 – Pluviosidade total Curitiba 1971-2004 .....	p. 124
Gráfico 12 – Pluviosidade total Sengés 1976-2004 .....	p. 125
Gráfico 13 – Pluviosidade total Cornélio Procopio 1975-2004 .....	p. 126
Gráfico 14 – Pluviosidade total General Carneiro 1971-2004 .....	p. 127
Gráfico 15 – Pluviosidade total Nova Londrina 1976-2004 .....	p. 128
Gráfico 16 – Pluviosidade total Ortigueira 1974-2004 .....	p. 129
Gráfico 17 – Pluviosidade total Ourizona 1976-2004 .....	p. 130
Gráfico 18 – Pluviosidade total Ponta Grossa 1976-2004 .....	p. 131
Gráfico 19 – Pluviosidade total Rio Negro 1971-2004 .....	p. 132
Gráfico 20 – Pluviosidade total Rolândia 1976-2004 .....	p. 133
Gráfico 21 – Pluviosidade total Piên 1971-2004 .....	p. 134
Gráfico 22 – Pluviosidade total Lapa 1971-2004 .....	p. 135

## 1. INTRODUÇÃO

As estiagens e as secas trazem inúmeras consequências que podem desestruturar a vida nas regiões onde ocorrem. De acordo com Gonçalves (2004, p.773) “*as estiagens são consideradas um dos desastres naturais de maior ocorrência e impacto em nosso planeta*”. Diferente dos terremotos ou dos períodos chuvosos com inundações, este fenômeno pode acontecer durante um tempo muito mais longo e sua extensão pode abranger grandes áreas. A influência das estiagens e secas afetam a distribuição da água alterando o comportamento de forma marcante da agricultura, da produção de energia elétrica e da pecuária, entre outros. Desta forma, a redução da umidade de maneira acentuada desestabiliza o equilíbrio da vida animal e vegetal além de causarem dificuldades para as atividades humanas. Os termos estiagem e seca apresentam várias definições de acordo com a área de conhecimento que as estuda. Segundo Cadamori (2006) o termo *estiar* significa cessar de chover; e estiagem é a falta prolongada de chuvas que pode levar a uma condição de seca. Assim, nesta definição, as estiagens podem ser entendidas como um tipo de seca mais branda, que atingem determinadas áreas.

O Ministério da Integração Nacional (Brasil, 2003) define o mesmo termo da seguinte forma: “*Estiagens são a redução das precipitações pluviométricas devido ao atraso dos períodos chuvosos regulares em uma região ou da ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada*”. Essa ausências e atrasos podem variar a cada período seco, marcando episódios mais rigorosos de falta de água a cada ocasião.

Para o termo seca outra definição utilizada pela Organização Mundial de Meteorologia, WMO (2006, p.6) é:

A seca resulta de um déficit de precipitação cumulativo considerado-se um período de tempo longo. Existem vários conceitos de seca, o que gera confusão sobre o grau de severidade e a identificação das secas. As secas são regionais em extensão e cada região tem características climáticas específicas. Secas que acontecem no norte

das grandes planícies Norte Americanas diferirão de secas do nordeste do Brasil, África do Sul e Ocidental, da Europa, Austrália Oriental ou do Norte da planície da China. A quantia, sazonalidade e forma de precipitação diferem amplamente entre cada um destes locais.

Assim a WMO aceita que as secas podem durar um longo tempo e apresentam diferentes características de região para região devido as condições geográficas que existem. Desta forma quando se realiza estudos específicos devem ser consideradas as regionalidades.

Os motivos para a ocorrência de estiagens e secas são muitos. A atualmente discute-se que alterações realizadas pelo homem, denominadas de mudanças climáticas, podem influenciar a ocorrência de estiagens em várias partes do mundo, reduzindo assim a oferta de água para o consumo. Este líquido é importante, pois faz parte da constituição física dos animais e plantas e a sua disponibilidade contribui para a qualidade de vida. Por isso, o homem utiliza a água há muito tempo, desde o uso básico ligado a nutrição, higiene, até para atividades mais complexas que surgiram mais tarde. Com a evolução da sociedade criou-se outras funções para a água como a irrigação de lavouras, produção de energia elétrica, utilização de grande quantidade de água nas indústrias, além do uso nos transportes, no turismo, etc. Assim com o aumento do consumo, uma das grandes responsabilidades atuais é manter o volume de água utilizável, ou pelo menos tentar mantê-lo. Esta necessidade consiste, segundo Almeida (2002) em conciliar consumo de água com a oferta desta na natureza, pois a utilização inadequada que algumas populações humanas fazem desestabilizam muitas vezes os ecossistemas.

Até pouco tempo pensava-se que a água fosse um bem natural abundante, renovável e inesgotável onde as chuvas eram regulares ligadas aos tipos de clima subtropical e tropical, como em boa parte do Brasil. A disponibilidade de água para as atividades humanas em áreas chuvosas quase não era questionada, pois existia a crença de abundância contínua. Hoje, de acordo com estudos mais detalhados sabe-se que a quantidade da água utilizável para

atividades humanas no planeta é muito menor do que se acreditava, podendo faltar mesmo na região de florestas equatoriais. Também ocorreram episódios de estiagens na Amazônia de acordo com OBREGON<sup>1</sup> [2005], o que evidencia ocorrência de estiagens mesmo em locais onde é comum a abundância de água.

De todo o volume de água no planeta, aproximadamente 97% é a água salgada que existe em maior parte nos mares e oceanos. A água “doce” para o consumo denominada também de potável, corresponde a somente 2,5%, e desse percentual 2/3 estão em forma sólida contida nas geleiras, montanhas e nos pólos. A porção da água utilizável para o consumo efetivo dos seres vivos, é de apenas 0,78% do total de toda água do planeta (ALMEIDA, 2002). Há outras informações com valores ligeiramente diferentes sobre a distribuição da água no planeta mas que apontam para a mesma questão da pequena existente e da água doce disponível. De acordo com a tabela 1, usada no seminário de *Riscos Climáticos e a Estiagem no Paraná*, Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), pode-se visualizar a distribuição da água no planeta, apresentada por HARRY (2006).

TABELA 1: DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA ATRAVÉS DO GLOBO TERRESTRE

LOCALIZAÇÃO	VOLUME (10 <sup>3</sup> Km <sup>3</sup> )	% DO VOLUME TOTAL NA HIDROSFERA	% DE ÁGUA DOCE	VOLUME RECICLADO ANUALMENTE	PERÍODO EM ANOS PARA RENOVAÇÃO
Calotas	24.064	1,74	68,7	---	---
Antártica	21.600	1,56	61,7	---	---
Groenlândia	2.340	0,17	6,68	2.477	9.700
Ártico	83,5	0,006	0,24	---	---
Regiões Montanhosas	40,6	0,003	0,12	25	1.600
Solos Gelados	300	0,022	0,86	30	10.000
Água em lagos	176,4	0,013	---	10.376	17
Água Doce	91	0,007	0,26	---	---
Água Salgada	85,4	0,006	---	---	---
Pântanos	11,5	0,0008	0,03	2.294	5
Água dos rios	2,12	0,0002	0,006	43.000	16 dias
Biomassa	1,12	0,0001	0,003	---	---
Água na atmosfera	12,9	0,001	0,04	600.000	8 dias
Volume total na hidrosfera	1.386.000	100	---	---	---
Total de água doce	35.029,2	2,53	100	---	---

FONTE: HARRY (2006)

<sup>1</sup> OBREGÓN G.O. E NOBRE C. A. *Variabilidade da estação seca na Amazônia*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. [2005]

Constata-se assim que, mesmo nessas regiões com maiores índices de pluviosidade anuais, dado à dinâmica e variabilidades pertinentes aos climas, pode-se ter irregularidades na distribuição das chuvas, vê-se que para Caramori (2006, p. 01):

“O Paraná se encontra em uma região de transição climática com acentuada variabilidade na precipitação e temperatura. A ocorrência de períodos secos durante o ano é freqüente e constitui um importante fator de quebra de safras agrícolas. Períodos consecutivos sem chuvas maiores que 5mm de até 103 dias foram observados durante os últimos 45 anos de observações nas estações meteorológicas do IAPAR. Períodos secos com mais de 50 dias de duração ocorrem com uma probabilidade inferior a 20%. A duração média dos períodos secos é maior no norte e diminui em direção ao sul. Há um predomínio de ocorrência durante o período de outono-inverno e menor no verão. Não se observa uma tendência de aumento ou diminuição desses eventos dentro da série de dados observados. Nos últimos anos tem-se observado grande irregularidade na distribuição das chuvas, dificultando as operações agrícolas em geral.”

Assim entende-se que as estiagens e a irregularidade na distribuição das chuvas estão sendo consideradas comuns nos últimos anos, e estas interferem nas atividades humanas em geral. No Estado do Paraná a distribuição temporal das precipitações pluviométricas pode ter variado nas últimas décadas, levando a modificação sazonal da distribuição das chuvas.

Não só o consumo de água no Brasil e no Paraná mudou, mas também o consumo em vários países tiveram aumento relacionado ao crescimento da população, e isto leva ao aumento das necessidades de maiores quantidades de água de boa qualidade. Sabe-se que os recursos hídricos existentes se mantiveram constantes ou mesmo começaram a ter a sua distribuição reduzida em alguns pontos da superfície da Terra e na atmosfera. A distribuição da água

limpa é heterogênea e segundo Peixoto e Bondarovsky (2000) um país ou região será classificado como apresentando falta de água quando a oferta estiver abaixo de 1.000 metros cúbicos por habitante, por ano. O Brasil está, em sua maior parte, acima deste valor, pois apresenta aproximadamente 14% da água doce disponível no mundo. Mas a rede de distribuição existente no país não consegue gerenciar estas reservas de maneira adequada, ou devido às grandes distâncias do seu território ou pela falta de estrutura física para levar a água utilizável de onde ela existe em abundância até as áreas de consumo. Também não se aplica recursos necessários para a construção de infra-estrutura adequada para oferecer água de boa qualidade para toda a população.

A América do Sul e o América Central são regiões da Terra com grandes reservas de água doce na forma líquida, já o Norte da África e o Oriente Médio são regiões onde a água é mais difícil de ser encontrada, conforme mostra a tabela a seguir.

TABELA 02 - DISPONIBILIDADE DA ÁGUA POR REGIÃO

Região	Recursos internos anuais renováveis de água		Porcentagem de população vivendo em países com escassos recursos per capita anuais	
	Total (1.000 m <sup>3</sup> )	Per capita, (1.000 m <sup>3</sup> )	Menos de 1.000 m <sup>3</sup>	Entre 1000 e 2000 m <sup>3</sup>
África Sub-Saara	3.8	7.1	8.0	16.0
Leste da Ásia e Sul da Ásia do Pacífico	9.3	5.3	< 1.0	6.0
Europa do Leste e Antiga URSS	4.7	4.2	0.0	0.0
Resto da Europa	2.0	4.6	6.0	15.0
Oriente Médio e Norte da África	0.3	1.0	53.0	18.0
América Latina e Caribe	10.6	23.9	< 1.0	4.0
Canadá e Estados Unidos	5.4	19.4	0.0	0.0
Mundo	40.9	7.7	4.0	8.0

Fonte: Banco Mundial 1992

Citado em *Toward Sustainable Management of Water Resources*, p. 2, Ismail Serageldin – Banco Mundial, 1995.

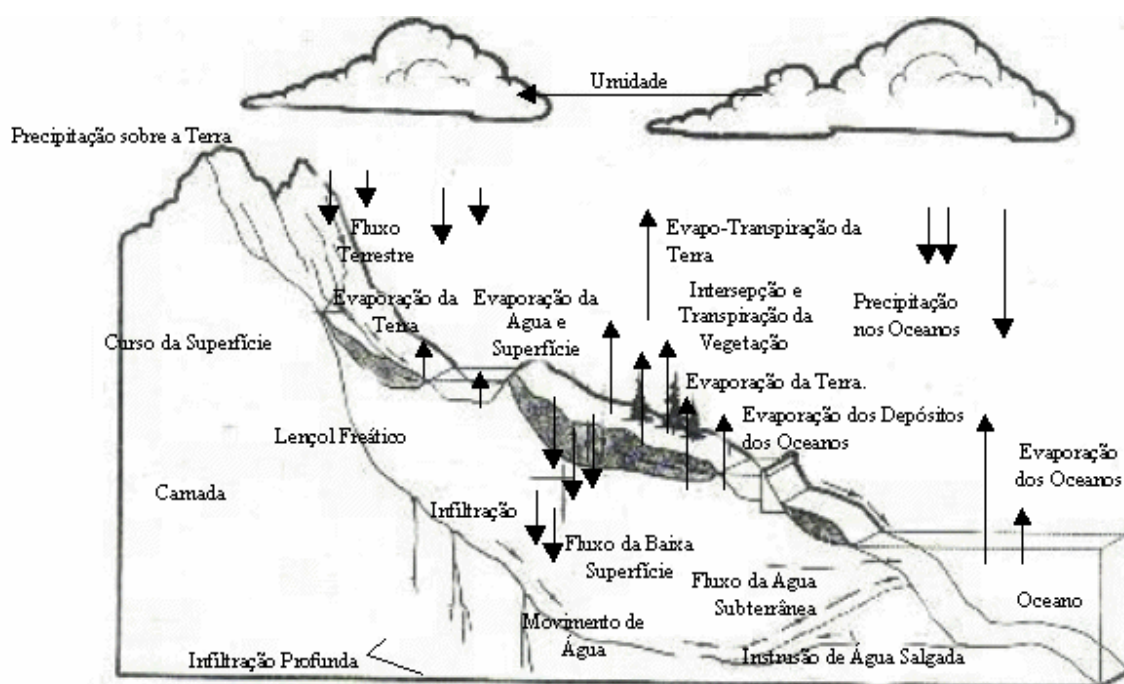
FONTE: PEIXOTO (2006)

A oferta de água nas diferentes regiões do mundo depende da regularidade ou periodicidade das chuvas que é um processo complexo da



atmosfera e envolve muitos fatores. Um deles é o fornecimento de calor pelo sol que aquece a superfície da terra, e esta a atmosfera. Com o aumento da temperatura durante o dia a água evapora em maior quantidade, e uma vez a atmosfera saturada de vapor ocorre condensação e a formação de nuvens que podem precipitar a umidade em forma de gelo, neve ou água. A figura nº 01 apresenta o sistema hidrológico clássico. A estrutura da vegetação nativa contribui na circulação da água em um sistema geralmente equilibrado. Os processos de evaporação e evapotranspiração quando passam a ser modificados por causa da destruição do ambiente, alteram a quantidade de água do ciclo.

FIGURA 01: CICLO DA ÁGUA NA NATUREZA



FONTE: MILIOLI (1999)

A movimentação das massas de ar, as massas líquidas e as estações do ano fazem parte destes processos. Os fenômenos atmosféricos ocorriam sem muita influência dos seres humanos até que atividades antrópicas mais impactantes produziram gases poluentes em grande quantidade, os quais foram

sendo acumulados ao longo dos anos na atmosfera. Pesquisas realizadas nas últimas décadas indicam que a interferência humana foi mais significativa a partir do século XIX. A rápida destruição de grandes áreas florestais e os efeitos da industrialização geraram condições de impactos ambientais que estão sendo analisados. Evidências de modificações como a alteração das temperaturas nas últimas décadas e a redução e aumento das chuvas em diferentes locais, bem como o aumento da desertificação em várias partes do globo têm sido objeto de análises. Pesquisas recentes de acordo com o segundo relatório do Intergovernamental Panel on Climate Change (IPCC/ONU) que elaborou o Quarto Relatório de Avaliação Grupo de Trabalho 1 GT1 (2007, p. 15) observa-se que:

É muito provável que a maior parte do aumento observado nas temperaturas médias globais desde meados do século XX se deva ao aumento observado nas concentrações antrópicas de gases de efeito estufa. Essa afirmação representa um avanço em relação ao Terceiro Relatório de Avaliação, que concluiu que “é provável que a maior parte do aquecimento observado ao longo dos últimos 50 anos se deva ao aumento das concentrações de gases de efeito estufa”. Influências humanas discerníveis se estendem, agora, a outros aspectos do clima, inclusive o aquecimento do oceano, temperaturas médias continentais, extremos de temperatura e padrões do vento.

O aumento dos gases de efeito estufa podem estar modificando os climas em varias partes do mundo, inclusive no Brasil. Alterações de temperatura para o nosso país são abordadas com projeções de formas particulares, pois existem diferenças climáticas entre as regiões. O aumento das temperaturas pode influenciar na distribuição das chuvas e assim no desenvolvimento da vegetação natural e das culturas agrícolas, pois aumenta a evaporação.

Com relação a estas modificações nas concentrações de chuvas, Nobre (2005, p.07) baseado no Relatório sobre Mudanças Climáticas destaca que:

A intensificação do efeito estufa indica que a região tropical da América do Sul (portanto o Brasil em quase sua totalidade) será a mais afetada em termos de temperatura, com um aumento em torno de 2°C a 6°C. Todos os modelos concordam com o sinal, o limite inferior e a uniformidade [em consonância com Giorgi e Francisco (2000)] do aquecimento para o Brasil. Em relação à precipitação, na América do Sul as regiões mais afetadas

seriam a Amazônia e o Nordeste Brasileiro, em processos relacionados principalmente com a intensidade e posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Entre esses processos, destacam-se: a provável desintensificação da célula de Hadley no Hemisfério Norte (ocasionando uma ZCIT mais ao norte, já que o gradiente de temperatura neste hemisfério diminuiria) e o aumento da concentração de vapor de água atmosférico na região equatorial.

Desta forma pode-se esperar um aumento entre 2º C a 6ºC para os próximos anos para o Brasil em alguns estados e quanto a precipitação as região Amazônica e o Nordeste brasileiro teriam as principais alterações. Ainda citando o Quarto Relatório de Avaliação do GT1 do IPCC, ONU (2007) com relação à probabilidade do aumento das secas com a interferência humana nota-se que esta tendência pode aumentar no futuro como mostra a Tabela nº 03.

TABELA 3 -TENDÊNCIAS RECENTES, AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA HUMANA NA TENDÊNCIA E PROJEÇÕES DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS PARA OS QUAIS HAJA UMA TENDÊNCIA OBSERVADA NO FINAL DO SÉCULO XX.

Fenômeno <sup>a</sup> e direção da tendência	Probabilidade de ocorrência da tendência no final do século XX (normalmente após 1960)	Probabilidade de uma contribuição humana à tendência observada <sup>b</sup>	Probabilidade de tendências futuras com base em projeções para o século XXI com o uso dos cenários do RECE
Aumento da temperatura e da frequência de dias e noites frios na maior parte das áreas terrestres	Muito provável <sup>c</sup>	Provável <sup>d</sup>	Praticamente certo <sup>d</sup>
Aumento da temperatura e da frequência de dias e noites quentes na maior parte das áreas terrestres	Muito provável <sup>e</sup>	Provável (noites) <sup>d</sup>	Praticamente certo <sup>d</sup>
Surtos de calor/ondas de calor. A frequência aumenta na maior parte das áreas terrestres	Provável	Mais provável do que não <sup>f</sup>	Muito provável
Eventos de precipitação forte. A frequência (ou a proporção do total de chuva das precipitações fortes) aumenta na maior parte das áreas	Provável	Mais provável do que não <sup>f</sup>	Muito provável
A área afetada pelas secas aumenta	Provável em muitas regiões desde 1970	Mais provável do que não	Provável
A atividade intensa dos ciclones tropicais aumenta	Provável em algumas regiões desde 1970	Mais provável do que não <sup>f</sup>	Provável
Aumento da incidência do nível extremamente alto do mar	Provável	Mais provável do que não <sup>f,h</sup>	Provável <sup>i</sup>

FONTE: IPCC ONU/GT1 (2007)

As atividades humanas poluentes são consideradas cada vez de maior importância no incremento das mudanças climáticas, sendo isto relatado à cada nova avaliação da ONU. Em pesquisas relacionadas às questões das alterações ambientais, comparando-se o Terceiro Relatório com o Quarto Relatório de Avaliação (2007, p. 20), declara-se que:

“Desde a publicação do Terceiro Relatório de Avaliação, há uma compreensão cada vez melhor dos padrões projetados da precipitação. São *muito prováveis* os aumentos da quantidade de precipitação nas altas latitudes, enquanto que reduções são *prováveis* na maior parte das regiões terrestres subtropicais em até cerca de 20%, continuando os padrões observados nas tendências recentes.”

Vê-se assim que para o futuro as possibilidades de redução das precipitações nas regiões subtropicais, como para o Estado do Paraná inclusive, podem chegar a até 20%, caso se confirmem as tendências projetadas pelo texto da ONU.

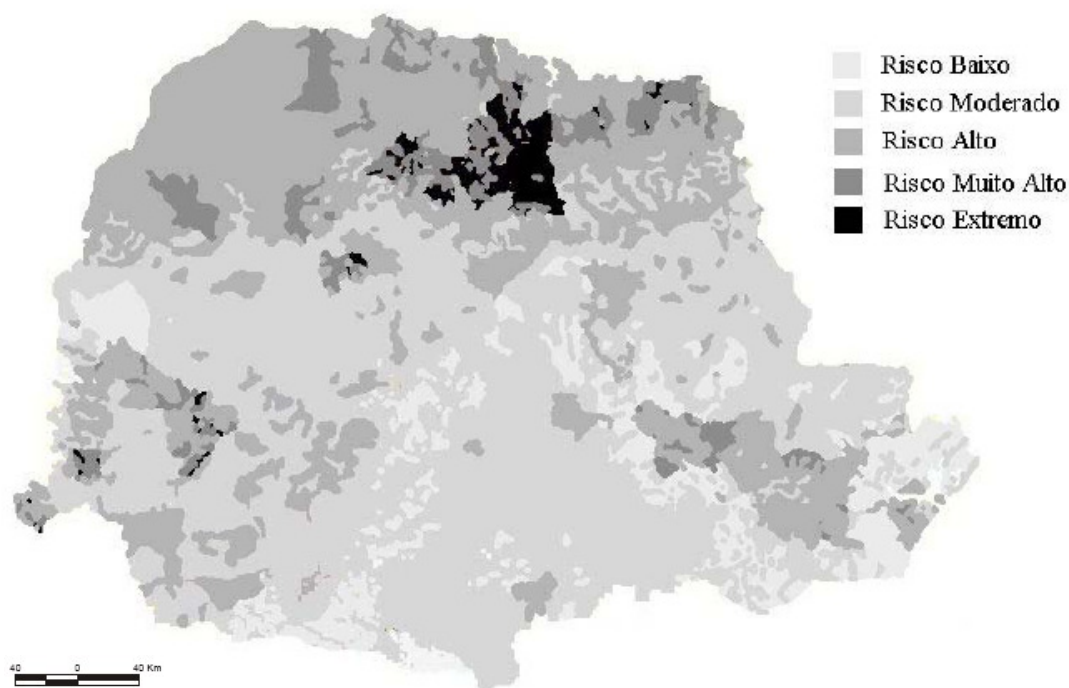
Alguns motivos, entre muitos, que podem levar à esta redução de distribuição de água citada pelo relatório é a destruição das florestas para a ampliação das áreas agrícolas, o aumento das pastagens e o aumento da industrialização que necessita de matérias primas de todos os tipos, em volumes cada vez maiores, entre outros.

Relacionando a redução das chuvas locais com o desmatamento, de acordo com Oliveira (2004) o Paraná sofreu grandes perdas ligadas a incêndios, naturais ou provocados pelos agricultores:

A ação do fogo sobre a floresta atinge não só a cobertura vegetal, mas também as características do solo, a fauna e a atmosfera, podendo ser altamente destrutiva quando se trata de incêndios florestais, como o que ocorreu no estado do Paraná em 1963. Neste incêndio, foram atingidos 2 milhões de hectares (aproximadamente 10% da superfície do estado) de florestas nativas, reflorestamentos e outros tipos de vegetação. Além disso, mais de 5.000 casas foram destruídas e 110 pessoas foram mortas pelo fogo.

O ano de 1963 foi histórico com relação ao problema de estiagem relacionadas com incêndios em campos e florestas que ocorreram devido ao ressecamento da vegetação. Segundo Monteiro (1969, p.44), a estiagem de 1963 teve um impacto muito maior do que o período de enchentes de 1957. Com a falta de umidade ocorreram muitos incêndios em várias áreas de matas do Paraná com destruição de povoados e lavouras. O inverno de 1963 apresentou-se seco e com baixas temperaturas com registro de geadas no norte do Estado e em São Paulo. Foram registradas mínimas de 0º em Londrina e 7º negativos em Guarapuava. Naquele ano um anticiclone tropical marítimo influenciou o final do mês de agosto e início de setembro onde ocorreram temperaturas elevadas e baixo teor de umidade do ar causou vários incêndios sendo um dos mais graves períodos de estiagens do Paraná. Praticamente não existiam nuvens no céu e vários incêndios chegaram ao clímax em 4 e 5 de setembro em 42 dos 205 municípios que existiam na época. No vale do Tibagi foram destruídas 20 casas e no distrito de Natungui mais 60 sendo que mais de 30 mil alqueires de plantações foram destruídas. Também em Campo do Tenente 1000 alqueires foram destruídos e em Rio Negro outros 800 alqueires. Esta estiagem atingiu Santa Catarina afetando Florianópolis com a interdição do aeroporto Hercílio Luz, e no Estado de São Paulo a represa Billings na capital praticamente ficou sem água. As consequências refletiram-se no consumo da água para as cidades e a energia elétrica faltou para a população e para a indústria. O período de estiagem daquele episódio foi de julho de 1963 a janeiro de 1964. Nos últimos anos foram feitos alguns estudos que mostraram áreas com maiores possibilidades de sofrerem incêndios, apesar de atualmente existirem menos áreas florestadas do que existiam em 1963. Analisando-se a figura nº 02, nota-se que a região ao norte do Estado apresenta maiores riscos de desenvolverem incêndios de grande escala, mas de certa forma em quase todo o território paranaense podem existir possibilidades de incêndios.

FIGURA Nº 02: ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA O ESTADO DO PARANÁ.



FONTE: OLIVEIRA(2004)

Além da redução das áreas florestais, o crescimento da população das cidades e das indústrias poluentes que utilizam combustíveis fósseis podem ter também interferido na elevação da temperatura da atmosfera, de forma acelerada durante o século XX. O Paraná também apresentou crescimento populacional e industrial e consequentemente isto também pode ter contribuído na distribuição sazonal e espacial das chuvas regionalmente.

De acordo com o IPCC da ONU através do Quarto Relatório de Avaliação do GT1 (2007, p 18):

A continuação das emissões de gases de efeito estufa nas taxas atuais ou acima delas acarretaria um aquecimento adicional e induziria muitas mudanças no sistema climático global durante o século XXI, as quais

muito provavelmente seriam maiores do que as observadas durante o século XX.

Assim pode-se entender que existem grandes possibilidades de alterações nas quantidades de água que circula na atmosfera, devido às modificações drásticas no ambiente. A redução da quantidade de água que participa do ciclo hidrológico local é um dos elementos mais imediatos a serem percebidos, sendo que é possível a redução da precipitação em algumas regiões e aumento em outras devido às variabilidades climáticas e às modificações climáticas. Como

existem os termos *Variabilidades Climáticas* e *Modificações Climáticas* é importante fazer-se uma explicação destes conceitos, pois existem várias definições. Utiliza-se aqui *Variabilidade Climática* e *Modificação Climática* da seguinte forma: “*Variabilidade Climática são as variações de clima em função dos condicionantes naturais do globo terrestre e suas interações, já a Modificação Climática seriam alterações da variabilidade climática devido às atividades humanas*” TUCCI, (2002, p.8). Apesar desta discussão ser interessante, é

muito complexa e não é o propósito desta dissertação comprovar se o aumento ou a redução das estiagens estão atualmente ligadas às Variabilidade ou às Modificações Climáticas, podendo assim no futuro, ser o tema de um outro estudo.

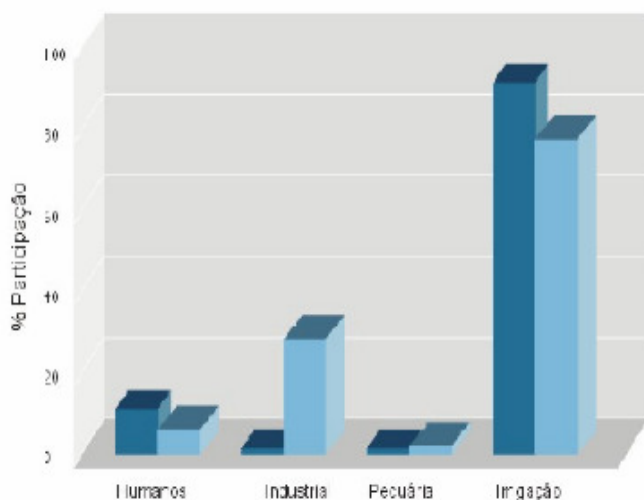
No Brasil, devido à histórica carência de água no interior nordestino, a questão da disponibilidade da água sempre foi discutida para aquela região. Com o aumento da dificuldade para a obtenção deste mineral também em outras partes do país, tornou-se comum a análise do problema em todas as regiões brasileiras. O problema do consumo de água tornou-se mais grave e a problemática começava a ser importante já no início do século passado, de modo que a utilização dos recursos hídricos passou a ser regulamentada pelo Decreto nº 24.643, de 10 de julho 1934. Este definiu duas categorias: *as águas públicas e águas particulares*. Esse decreto também regulariza a utilização citando que é permitido a todos o consumo de qualquer água pública, conformando-se com os regulamentos administrativos. O uso das águas pode ser gratuito ou retribuído, conforme as leis e

regulamentos da circunscrição administrativa à que as fontes pertençam. A utilização da água sempre dará preferência, sobre quaisquer outros tipos de uso, para as necessidades primordiais da vida humana. Além dessas definições legais, o decreto também fala sobre as questões que envolvem a canalização e a poluição dos recursos hídricos. Em 1997 é aprovada a lei nº 9.433, de 8 de janeiro que procura atualizar a legislação referente ao uso da água e instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

De outra forma, de acordo com Tucci (2000, p.10) no Relatório Nacional Sobre o Gerenciamento da Água no Brasil que aborda sobre a relação da disponibilidade da demanda de água, entende-se que nas condições atuais na maioria do território brasileiro, não existe falta de recursos hídricos. No entanto, observa-se condições críticas em períodos de estiagem no semi-árido Nordeste e, em algumas regiões onde o uso da água é intenso como na irrigação do arroz, na vizinhança das cidades médias e principalmente das regiões metropolitanas com grandes aglomerados populacionais. Fernandes (2006) utiliza um gráfico que mostra a distribuição da água por setores de consumo, sendo que uso humano, a indústria e a pecuária consomem muito menos água do que a irrigação.



FIGURA 03: CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA POR ATIVIDADE ECONOMICA



FONTE: FERNADES (2006)

Cada região apresenta uma estrutura que influencia na quantidade de precipitação. Para o Estado do Paraná segundo Nery et al (1996) esta estrutura de precipitação pluviométrica é influenciada por diversos fatores, tais como: Sistemas frontais de ar, orografia principalmente da Serra do Mar, continentalidade e brisas marítimas. Destes sistemas de circulação de ar, um deles é muito importante, as massas de ar que vêm do pólo sul, e de acordo com Monteiro (1969, p. 52) quando ocorrem períodos com a passagem de muitas frentes e massas polares, também aumentam as ocorrências de chuvas. Isto acontece quando as frentes frias encontram as massas de ar quentes sobre o Paraná. Quando ocorre o enfraquecimento da corrente polar, coincide também com a redução das chuvas. Outros fatores influenciam a ausência ou a formação de chuvas relacionadas às massas de ar frias, como o grau de propagação latitudinal, as diferenças de canalização das massas de ar com baixas temperaturas pelas rotas do interior do Estado e do litoral que influenciam a formação de ondulações ou ciclogêneses ao longo do eixo da frente polar em deslocamento. Estes fatores interferem nas temperaturas e na formação de nuvens que dependendo do volume podem gerar intensas chuvas. As precipitações regulares possibilitam ao Paraná ser um grande produtor agrícola, aproveitando a boa oferta de precipitação pluviométrica para um bom manejo de

seu solo. Porém, qualquer alteração nos sistemas de chuvas trás conseqüências para a agricultura e para outros setores da economia bem como para a vida das pessoas. Segundo Casado (2004) em artigo publicado no jornal Folha de Londrina, aconteceram problemas de cobertura financeira do governo federal para amenizar as perdas sofridas pelos agricultores.

O governo federal está preparando o pagamento da "bolsa estiagem" para os agricultores familiares que perderam suas lavouras no início deste ano. O Ministério da Integração Nacional prevê o desembolso de R\$ 207 milhões para socorrer pessoas e agricultores atingidos pela estiagem nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul e pelo ciclone Catarina no estado de Santa Catarina. No Paraná, entre quatro mil e cinco mil agricultores familiares de 32 municípios deverão ser beneficiados. A Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento fez o levantamento dos municípios atingidos, identificando maiores perdas de lavouras provocadas pela estiagem que aconteceu no início do ano em 28 municípios do sudoeste, três da região oeste e um município da região central.

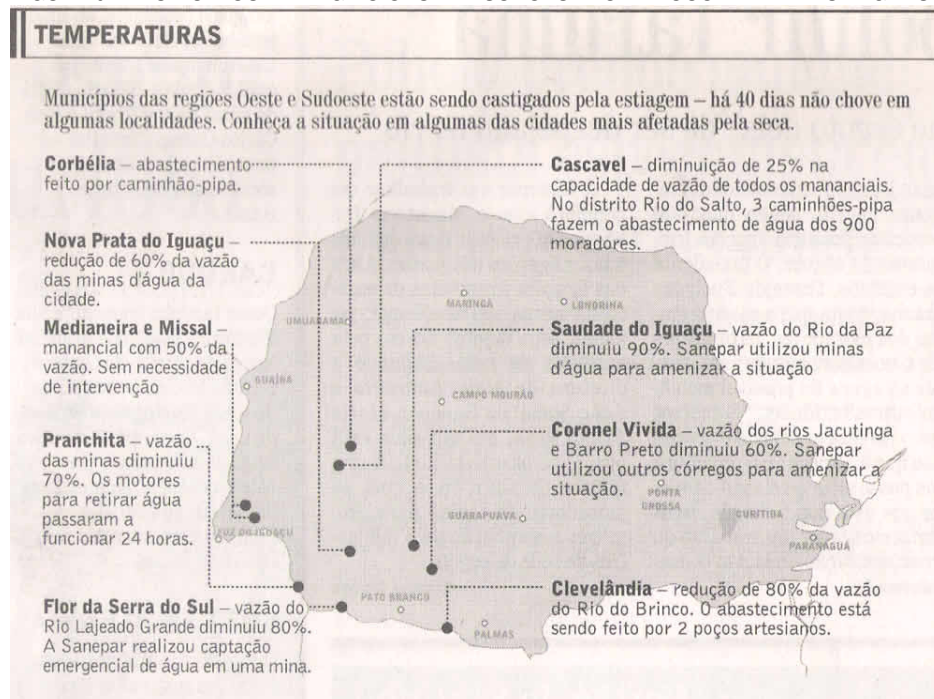
No dia nove de março de 2005 foi decretado estado de emergência no sudoeste do Estado do Paraná, sendo organizada uma força tarefa para aprofundar poços artesianos, limpar córregos e construir açudes. No Jornal Gazeta do Povo (2005) foi veiculada reportagem onde divulga-se o registro oficial da maior temperatura daquele ano em Curitiba, 31,6º C e em Assis Chateaubriand 38º C. As altas temperaturas contribuem para a maior evaporação e o agravamento da falta de água. Também foi citado que a região sudoeste do Paraná estava em estado de emergência devido à falta de chuvas por mais de 40 dias e o problema se alastrava também por toda a região oeste. O racionamento de água já atingia 87 cidades e diversos problemas começavam a aparecer, tais como a ameaça de incêndios, perda de lavouras, problemas de saúde do gado além da falta de água potável para as populações urbanas. Assim, o fator temperaturas elevadas pode ter agravado os efeitos das estiagens no Paraná. Segundo Caramori (2006), a média de dias sem chuvas acima de 5mm durante o ano em alguns municípios do Paraná podem ser longos. De acordo com um

levantamento feito pelo IAPAR, Cambará, por exemplo, já chegou a apresentar períodos de estiagem com até 48 dias, Londrina até 43 dias, Ponta Grossa até 33 dias, Cascavel 30 dias e Pato Branco apresentou até 26 dias sem chuvas acima de 5mm.

Em outra reportagem de Araújo (2005, p. 03) no jornal Gazeta do Povo a manchete “Estiagem já ameaça cidades do Paraná com o racionamento de água” mostra as dificuldades geradas pela falta de chuvas por um período médio, mas que já afetava as áreas agro pecuaristas.

Nos anos de 2004 e 2005 ocorreram episódios rigorosos de estiagens no Paraná. Segundo Gonçalves (2005) e “De acordo com o Instituto Meteorológico Simepar, não estão previstas chuvas em março que compensem a seca acumulada desde janeiro nas regiões oeste e sudeste.” Nestas regiões vários municípios apresentaram dificuldades e foi necessário medidas de emergência para tentar resolvê-los. Os problemas se acumularam com o passar dos dias sem chuvas, mesmo no período de verão quando é comum a maior pluviosidade.

FIGURA 04 - MUNICÍPIOS DA REGIÃO OESTE E SUDOESTE ONDE OCORRERAM ESTIAGENS EM 2005.



FONTE: GAZETA DO POVO (2005)

As conseqüências da falta de chuva são graves e afetam diversos setores, mas esses problemas demoram mais a atingir a população das grandes cidades e por esse motivo geralmente o grande público não fica sensibilizado. As populações rurais sentem as dificuldades de imediato, pois têm um relacionamento mais próximo com a natureza, já que dependem diretamente dela para desenvolver atividades agrícolas e pecuárias. Os centros urbanos têm estoques de alimentos e reservatórios de água que mantêm a ameaça de desabastecimento por um tempo um pouco maior. Quando ocorre a falta de alimentos, estes podem vir de outras regiões que não estão passando pela estiagem, apesar do maior custo. Da mesma forma, devido à rede integrada de energia elétrica, é possível enviar eletricidade de uma região do Brasil para outra para evitar a falta deste tipo de energia e as conseqüências negativas para a economia.

O fator mais impactante, na consciência dos habitantes das cidades, é a falta de água para o consumo direto. Somente quando falta água nas torneiras é que a população passa a valorizar este mineral em seu dia a dia.

As estiagens podem ocorrer em qualquer região do Brasil, mesmo nas regiões de climas úmidos, em decorrência da sazonalidade climática e do dinamismo dos processos geradores de pluviosidade. Já nas áreas de clima semi-árido como no nordeste, as estiagens dão lugar ao fenômeno mais intenso definido por muitos especialistas como seca.

Para o Estado do Paraná percebeu-se a necessidade de analisar dados pluviométricos de maneira a permitir administrar a ocorrência de estiagens quando elas ocorrerem.

A hipótese desse trabalho é que existe aumento no número de ocorrências de estiagens nas últimas décadas. A necessidade de detalhar a distribuição deste fenômeno levou a pesquisa a utilizar cem municípios para espacializar a maior parte possível do território paranaense, apesar das limitações relativas aos dados meteorológicos que nem sempre apresentam intervalos longos ou ininterruptos. Por este motivo utilizou-se dados de estiagens ao longo do período entre 1971 a 2004, nos municípios onde foi possível se trabalhar com a

análise da frequência das estiagens. Desta forma utilizou-se dados contínuos e confiáveis. Assim a escolha dos municípios que foram analisados nesta pesquisa, deveu-se à disponibilidade de dados dentro do período mais longo e confiável possível.

## **1.1. OBJETIVOS DA PESQUISA**

### **OBJETIVO GERAL**

Analisar a distribuição espacial das estiagens no Estado do Paraná considerando sua evolução entre 1971 a 2004.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Selecionar e aplicar uma metodologia para definir um índice de estiagem.
2. Analisar os totais pluviométricos dos municípios considerados nas décadas de 70, 80, 90 e nos primeiros quatro anos da década de 2000.
3. Espacializar a ocorrência de estiagens nos municípios do Estado do Paraná selecionados.
4. Detalhar a frequência das estiagens no município em que essa mostrou-se mais recorrente.
5. Analisar se houve aumento ou diminuição dos totais pluviométricos para alguns municípios dentro do universo escolhido.

## 1.2. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

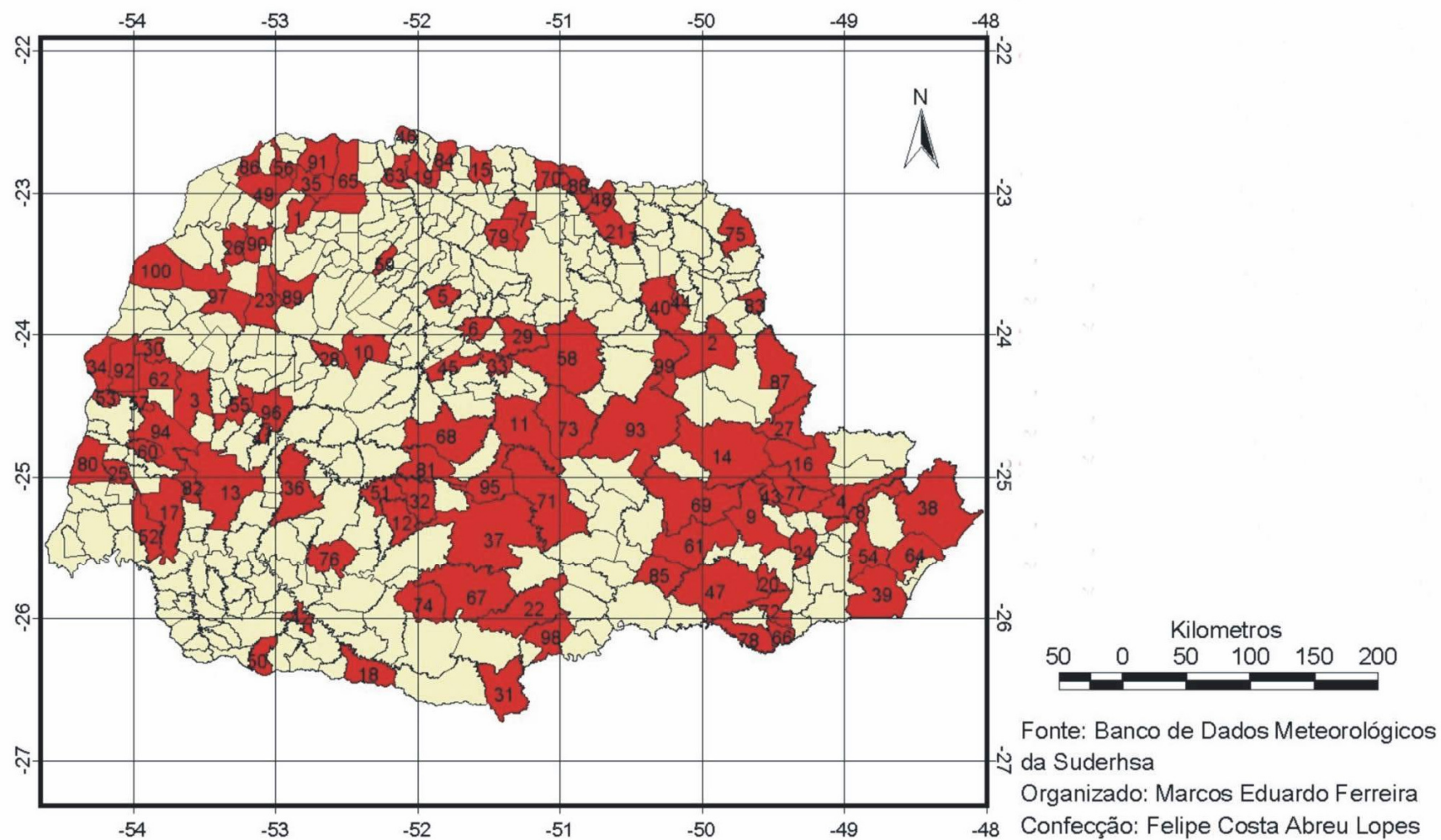
O método do Dr. Alfred C. Robertson (1982) do Departamento de Ciências da Terra, da Universidade de Estadual Southest Missouri, foi escolhido entre vários métodos por produzir índices a partir somente de dados de precipitação de chuvas, o que agiliza o trabalho com um grande volume de dados. O método possibilita a conceituação do que seriam os períodos de estiagem, períodos chuvosos e períodos normais. Antes da escolha final, analisou-se diversos estudos que propunham diferentes metodologias de índices de pluviosidade / estiagem / seca , inclusive estudos sobre a distribuição da pluviosidade no Estado do Paraná. A primeira fase do trabalho consistiu-se da busca de dados pluviométricos relativos às estações em funcionamento durante um prazo aproximado de 34 anos, entre 1971 a 2004. Muitas estações pluviométricas apresentavam dados contínuos somente a partir de 1975, por este motivo nem todos os municípios são analisados desde 1971. Desta forma também fez-se análises com as médias pluviométricas para verificar se ocorreriam alterações nas interpretações devido a não padronização do período pretendido para todos os casos que seria o espaço de tempo de 34 anos. Inicialmente para todas as estações escolhidas. Assim analisou-se os resultados obtidos dos dados absolutos com os dados das médias pluviométricas para ver se chegariam aos mesmos resultados.

Procurou-se escolher municípios que estivessem localizados em posições que representassem a ocorrência das estiagens de forma significativa na maior parte do território paranaense, na medida do possível, conforme a figura 04. Essas estações pertencem a diversos órgãos públicos e privados, sendo que os dados diários de chuvas são coletados, reunidos e armazenados pela Superintendência

de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA), que gentilmente cedeu os dados necessários para o desenvolvimento da presente pesquisa.



FIGURA Nº 05: MUNICÍPIOS SELECIONADOS DO ESTADO DO PARANÁ



1- Amaporã	35- Guairaça	69- Ponta Grossa
2- Arapoti	36- Guaraniaçu	70- Primeiro de Maio
3- Assis Chateaubriant	37- Guarapuava	71- Prudentópolis
4- Bocaiúva do Sul	38- Guaraqueçaba	72- Quitandinha
5- Bom Sucesso	39- Guaratuba	73- Reserva
6- Borrazópolis	40- Ibatí	74- Reserva do Iguaçu
7- Cambé	41- Iguatu	75- Ribeirão Claro
8- Campina Grande do Sul	42- Itapejara do Oeste	76- Rio Bonito do Iguaçu
9- Campo Largo	43- Itaperucu	77- Rio Branco do Sul
10- Campo Mourão	44- Japira	78- Rio Negro
11- Candido de Abreu	45- Jardim Alegre	79- Rolândia
12- Cantagalo	46- Jardim Olinda	80- Santa Helena
13- Cascavel	47- Lapa	81- <del>Sr</del> ª Maria do Oeste
14- Castro	48- Leopólis	82- <del>Sr</del> ª Tereza do Oeste
15- Centenário do Sul	49- Loanda	83- Santana do Itararé
16- Cerro Azul	50- Marmeleiro	84- Santo Inácio
17- Céu Azul	51- Marquinho	85- São João do Triunfo
18- Clevelândia	52- Matelândia	86- São Pedro do Paraná
19- Colorado	53- Mercedes	87- Sengés
20- Contenda	54- Morretes	88- Sertaneja
21- Cornélio Procopio	55- Nova Aurora	89- Tapejara
22- Cruz Machado	56- Nova Londrina	90- Tapira
23- Cruzeiro do Oeste	57- Nova Santa Rosa	91- Terra Rica
24- Curitiba	58- Ortigueira	92- Terra Roxa
25- Diamante do Oeste	59- Ourizona	93- Tibagi
26- Douradina	60- Ouro Verde do Oeste	94- Toledo
27- <del>Dr</del> Ulisses	61- Palmeira	95- Turvo
28- Farol	62- Palotina	96- Ubiratã
29- Faxinal	63- Paranacity	97- Umuarama
30- Francisco Alves	64- Paranaguá	98- União da Vitória
31- General Carneiro	65- Paranavaí	99- Ventania
32- Goioxim	66- Piên	100- Vila Alta
33- Grandes Rios	67- Pinhão	
34- Guaira	68- Pitanga	

As listas de dados fornecidas em formato de texto foram transferidas para planilhas eletrônicas de maneira a permitir os cálculos necessários conforme a metodologia escolhida. Em cada município optou-se por utilizar apenas uma estação pluviométrica, devido ao grande volume de dados processados.

Com o tratamento desses dados gerou-se índices de precipitação que definiram os conceitos de pluviosidade como: anos *normais*, *chuvosos ou úmidos*, e *os de estiagens ou secos*. Nessa pesquisa abordou-se na maior parte dos casos somente os anos de estiagens para o desenvolvimento das análises, uma vez que entende-se que a estiagem é o tema principal.

A última parte do tratamento dos dados foi realizada manualmente comparando-se os índices de cada município, ano por ano, para se encontrar os anos que apresentaram os menores índices de precipitação pluviométrica.

Os dados escolhidos foram analisados tomando-se como critério a pluviosidade anual, classificando-se em cada ano a condição do município em

relação a sua média histórica de chuva. Fez-se um recorte temporal em um dos municípios em que as estiagens foram mais recorrentes, constituindo-se assim como um estudo de caso.

A partir dos dados fornecidos pela Suderhsa, realizou-se a elaboração de diversas tabelas em planilhas eletrônicas que geraram índices de pluviosidade que possibilitaram definir a distribuição de estiagens no estado do Paraná em dimensão temporal e espacial. Após a elaboração das tabelas foram construídos mapas utilizando o programa ArcView que gerou uma escala de cores e classificou os municípios em número de estiagens por período. Foram produzidos mapas com dados absolutos e dados das médias, espacializando-se a ocorrência das estiagens para o período total da pesquisa e também por décadas, e por último a construção de tabelas sobre a precipitação total das décadas analisadas com uma amostra de 20 municípios para saber se também pode ter ocorrido um aumento ou diminuição dos totais pluviométricos nas estações estudadas.

Desta forma, adotamos como critério definidor de estiagem para esta dissertação a definição a partir dos índices fornecidos pela metodologia de Robertson (1982). É importante notar que com este índice escolhido, um valor que é definido como estiagem para um município, no litoral por exemplo, onde o volume médio de precipitação é bastante elevado, não seria necessariamente classificado como estiagem em outro, no interior do Estado. Dessa forma também cada ano terá uma classificação do que seria um ano Normal, Chuvoso ou com Estiagens. Assim, o valor que classificaria um ano como apresentando estiagem, para o outro poderia não ser, pois tudo depende da média decenal.

Com as tabelas e os mapas organizados e definidos, passou-se então às análises de forma sistemática. Procurou-se entender as ocorrências das estiagens no Estado do Paraná dentro do período escolhido, para dessa forma poder-se definir as freqüências e a evolução das estiagens nas décadas estudadas.

Segundo Robertson (1982) a idéia do método é usar uma gama de médias ao invés de um número absoluto como a média de precipitação que é raramente

igualado. Isto é denominado por ele *média de partida*.

Inicialmente, calculou-se as médias anuais e as médias históricas de cada mês para o período analisado, conforme apresenta a tabela 4, usada como exemplo.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1991	142,4	149,7	219,1	50,4	45,7	136,2	1,3	66,3	47,5	159,2	71,7	149,1	103,22
1992	89,1	130,3	149,2	17,4	269,3	21,1	150	144,7	63	54,1	111	56,5	104,64
1993	295,5	193,4	191,3	81	168,2	88,6	106,2	26,5	357,2	159,3	86,2	122,8	156,35
1994	204	273,1	99,9	42,1	53,3	85,5	49,6	8,4	7,2	155	160,7	209,6	112,37
1995	473,8	144,4	111,8	75,2	39,6	104,5	104,4	63,9	158,4	152,3	76,6	145,6	137,54
1996	204,2	285,5	253,9	42,1	4,8	115,7	97	82,6	184,1	189,9	154,9	277,1	157,65
1997	403,3	232,9	40,2	20,8	46,2	134,6	36	97	164,5	211,6	259,4	178,6	152,09
1998	159	178,9	335,8	178,3	43,6	90,4	138,3	271,1	358,7	196,8	15,6	104,7	172,60
1999	326,7	445,2	127,9	55,5	70,6	83,8	141,7	11	114,3	117,9	62,4	126,4	140,28
2000	125,2	197,6	136,4	10,8	18,3	118,2	74,3	92,4	249,1	164,1	143,8	171,8	125,17
													136,19

TABELA 04: TOTAIS MENSALIS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA – EXEMPLO  
FONTE: AUTOR (2006)

A determinação da média de partida é calculada seguindo os seguintes passos:

- 1) Determinar as médias de precipitação pluviométrica dos períodos por mês ou por ano.
- 2) Determinar o valor da média ou o índice do período desconsiderando valores positivos ou negativos.
- 3) Determinar a média do período a partir da diferença entre a média do período e dos valores anuais ou mensais de precipitação dividindo-se o resultado pelo número de anos ou meses analisados.

Este método é uma adaptação do cálculo de Desvio Padrão e utiliza cálculos que fornecem de forma comparativa resultados que demonstram a quantidade de chuva em cada local pesquisado. O índice facilita a obtenção de um parâmetro baseado somente em dados de pluviosidade o que agiliza a análise de grandes quantidades de dados. O método usa os seguintes parâmetros para calcular os índices que definem as precipitações de cada período analisado em *Normal; Úmido e com estiagem*.

P = média do ano

$\bar{P}$  = média da década

$\bar{d}$  = desvio da década (média de partida ou desvio especial) \*

d= desvio do ano

\*Definiu-se como *media de partida* ou *desvio especial* por não ser um desvio padrão tradicional, mas um desvio semelhante ao desvio padrão que foi utilizado para a pesquisa no estudo da climatologia, já que no desvio padrão valores seriam elevados ao quadrado.

O coeficiente pluviométrico refere-se ao valor das médias observadas de cada mês ao que seria a altura media mensal da água, se a chuva fosse distribuída de forma igual cada dia do ano.

Cálculo para a Década

Com essas médias calculou-se os dados para a década para se obter uma variação de desvio representado na fórmula a seguir:

Para se obter a *Média de Partida* para a década a fórmula utilizada é a seguinte:

$$\bar{d} = \frac{(\bar{P} - P_{ano1}) + (\bar{P} - P_{ano2}) + ..... (\bar{P} - P_{ano3})}{10}$$

Onde:

P: é a média de precipitação de cada ano. P ano 1; P ano 2...

$\bar{P}$  : média de precipitação da década

$\bar{d}$  : *Média de Partida ou Desvio*. É a média das diferenças entre a média do período

$\bar{P}$  : os valores anuais de precipitação.

Cálculo para o ano:

Para se obter o desvio para o ano a fórmula é a mesma, apenas alterando-se qual seria a média do período, que no caso é anual, e os períodos individuais seriam os meses do ano a serem analisados.

$$d = \frac{(P - X_{jan}) + (P - X_{fev}) + (P - X_{mar}) + (P - X_{abr}) + .....(P - X_{dez})}{12}$$

X= a precipitação do mês.

d= desvio do ano

P= média pluviométrica de precipitação do ano

12= número de meses

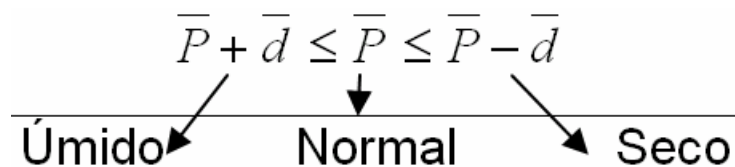
Para o cálculo do índice anual, trabalha-se com o mesmo processo em relação às médias, mas faz-se a divisão por 12 (meses).

Obtido os valores com fórmula anterior, conceitua-se os dados da década ou do ano a partir dos seguintes limites que qualificam o ano como norma, chuvoso ou com estiagem.

Definição dos anos em → ano com Estiagem (“Seco” ), ano Normal e ano Úmido ou Chuvoso:

<b>Normal:</b> P =
<b>Estiagem</b> = P
<b>Úmido</b> = P ≥

Definição dos anos apresentando Estiagem (Seco<sup>2</sup>), sendo Úmido ou Normal:



<b>Normal:</b> $P = \bar{P} \mp \bar{d}$
<b>Estiagem (seco)</b> $= P \leq \bar{P} - \bar{d}$
<b>Úmido</b> $= P \geq \bar{P} + \bar{d}$

Outro pesquisador, Almeida (2005, p.23), realizou um estudo sobre as questões das estiagens e da pluviosidade para o cultivo de soja em três estados brasileiros, incluído o Paraná e utilizou parâmetros de pesquisas semelhantes aos de Robertson em alguns pontos. Ele analisou informações sobre as chuvas, secas e estiagens para saber a influência destas na produtividade vegetal. Almeida (2005) descreve a metodologia que utilizou.

Cada estado contou com aproximadamente uma centena de estações pluviométricas. Esses dados, originalmente no formato texto, foram reestruturados em planilha eletrônica, efetuando-se preenchimento de períodos falhos, nova consistência para dados duvidosos e calculadas as somatórias para os segmentos temporais definidos. Essa estruturação permitiu uma visão de conjunto sobre todas as estações. Os dados diários foram dispostos em forma tabular para que cada dia representasse um registro e cada campo (coluna) representasse uma estação. Individualmente e por agrupamento de estações vizinhas, foi possível verificar por intermédio da aplicação de formatação que distinguísse diferentes níveis de precipitação, o padrão pluviométrico comum numa sequência de dias.

<sup>2</sup> A tradução literal do verbete em inglês *drought* é seca.

Assim, foi possível escolher, associado à distribuição e disposição espacial dos postos pluviométricos, qual a melhor estação vizinha para servir como fonte de dados para o preenchimento das falhas de outra estação com inexistência de dados. Para cada segmento temporal (meses e decêndios) e conjunto de estações pluviométricas de cada estado, foi gerado um arquivo com os valores de precipitação.

Em seguida foi associado a um arquivo de pontos das coordenadas geográficas das estações pluviométricas e efetuada a interpolação que resultou em uma imagem representando a distribuição espacial da pluviosidade no quadrante do respectivo estado.

O algoritmo de interpolação (processo matemático para estimação de valores desconhecidos num plano a partir de pontos de controle ou valores (observados) disponível no Idrisi utiliza o método do "inverso do quadrado da distância" que estabelece uma ponderação dos valores entre os seis pontos vizinhos mais próximos.

Algumas destas semelhanças são a utilização de cem estações para a área definição para a pesquisa, sendo que trinta e nove municípios para o Paraná. Os dados também originalmente eram em tipo texto, os quais foram transferidos para dados de planilha eletrônica e posteriormente foi utilizado um software para a formatação de mapas. Na presente dissertação está-se analisando cerca de 34 anos e trabalhando-se com dados anuais a respeito da ocorrência de estiagens, enquanto Almeida (2005) trabalhou com dados mensais e decenais de chuvas entre 1986 a 2001, abordando a produtividade agrícola da área estudada.



### **1.2.1 Definições da escassez de água**

Faz-se aqui uma análise mais completa em relação aos conceitos de estiagem e seca, no sentido de estabelecer pressupostos conceituais entre as terminologias utilizadas por instituições governamentais e particulares, bem como relacionar as expressões atualmente aplicadas pela comunidade científica internacional. Para poder-se discorrer melhor sobre o tema, é importante explicar as diferenças entre os termos relacionados à falta de água na natureza, pois o problema gerou expressões que apresentam conceitos como estiagem, seca, deficiência hídrica e aridez.

No senso comum, secas e estiagens são usadas geralmente como sinônimos, mas existem diferenças conceituais que serão analisadas a seguir:

De acordo com Cueva (1998, p.1) ve-se que: “La sequía es un concepto climático sin una definición comúnmente aceptada, debido a la multiplicidad de causas y a la gran variedad de formas en que puede presentar-se.”

Assim, várias explicações do que seriam as secas são elaborados por diferentes áreas do conhecimento. Também palavras que parecem ser sinônimas podem apresentar diferenças conceituais com relação ao rigor da falta de água, como no caso da língua portuguesa que utiliza o verbete estiagem com sentido de um tipo de seca mais amena.

Se existem diferentes tipos de secas, contemporaneamente podem estar ocorrendo variações nos níveis de precipitação, de acordo com Zavatini (1995, p. 372), “através da distribuição das precipitações pluviométricas durante um longo período pode-se claramente notar as irregularidades do ritmo climático atual.” Estudar e conhecer melhor sobre as estiagens e as secas é então de vital importância para as atividades humanas nos dias atuais e para o futuro próximo.

De acordo com BRASIL (2003 p. 04) existem quatro tipos de desastres naturais ligados com a redução da umidade, os quais são as estiagens, as secas, a queda intensa da umidade relativa do ar e os incêndios florestais. Estes desastres naturais passam a afetar de forma significativa áreas onde ocorrem

estiagens constantemente ou em áreas que passaram a apresentar estiagens mais recentemente.

Para outro autor, Campos<sup>3</sup> (1997) apud Gonçalves (2004, p.774) classifica as secas em três tipos: a Seca Climatológica quando a pluviosidade é baixa em relação às normais da área, a Seca Hidrológica quando a seca ocorre nos estoques de água dos rios e açudes e a Seca Edáfica quando o déficit de umidade é constatado no solo. De forma semelhante o *National Drought Mitigation Center* (2006) NDMC, classifica as secas em três tipos distintos, as quais transcreve-se a seguir.

A Seca Meteorológica quando acontece há uma queda na precipitação normal por um determinado período de tempo. Este tipo de seca é definido de região para região no mundo, portanto as secas variam nas diversas regiões em função de suas características climáticas.

A Seca Agrícola, ou Edáfica, pode ser considerada como segundo estágio de uma seca. Nesta fase, a falta de umidade interfere no crescimento e na sobrevivência de culturas agrícolas, pastoris ou florestais.

Na Seca Hidrológica há deficiência no suprimento de água superficial ou subterrânea de forma mais forte, causando maiores problemas ao meio ambiente.

Resumindo, a Seca Meteorológica é quando a precipitação fica abaixo das normais esperadas, a seca agrícola é quando a umidade do solo torna-se insuficiente para suprir a demanda das plantas e a Seca Hidrológica é quando os níveis de rios e reservatórios ficam abaixo do normal.

Para alguns órgãos do governo existem também definições oficiais para se tratarem dos problemas ligados aos desastres naturais. Segundo Castro (1998, P. 150) no Glossário de Defesa Civil: estudos de riscos e medicina dos desastres, o verbete seca é definido como:

---

<sup>3</sup> CAMPOS, J.N.B.; NETO, J.T.V. e MARTINS, E.S. Vulnerabilidade de Sistemas Hídricos: Um estudo de caso. Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH. Vol. 2 Nº1 jun. 1997.

## SECA

1. 1. Ausência prolongada, deficiência acentuada ou fraca distribuição de precipitação. 2. Período de tempo seco, suficientemente prolongado, para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico. 3. Do ponto de vista meteorológico, a seca é uma estiagem prolongada, caracterizada por provocar uma redução sustentada das reservas hídricas existentes. 4. Numa visão socioeconômica, a seca depende muito mais das vulnerabilidades dos grupos sociais afetados que das condições climáticas.

Em outra publicação oficial do governo brasileiro, *“a estiagem é definida como a redução das precipitações pluviométricas devido ao atraso dos períodos chuvosos regulares em uma região ou da ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada”* BRASIL, (2003, p. 55).

Este fenômeno compromete as reservas hidrológicas locais e causa prejuízos à agropecuária, pois ocorre queda nos índices pluviométricos em níveis sensivelmente inferiores aos da normal climatológica. Ainda de acordo com o Manual de Desastres do Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2003, p. 55) encontra-se a seguinte explicação:

Nas estiagens, ocorre uma queda dos índices pluviométricos para níveis sensivelmente inferiores aos da normal climatológica, comprometendo necessariamente as reservas hidrológicas locais e causando prejuízos a agricultura e à pecuária. Quando comparadas com as secas, as estiagens caracterizam-se por serem menos intensas e por ocorrerem durante períodos de tempo menores. Embora o fenômeno seja menos intenso que a seca, produz reflexos extremamente importantes sobre o agrobussines, por ocorrer com relativa frequência em áreas mais produtivas e de maior importância econômica que as áreas de seca.

Nestas duas definições anteriores, estiagens e secas, pode-se observar que a explicação é ligada à redução ou a ausência de chuvas quando estas deveriam existir em suas estações costumeiras. Desta forma as estiagens

diferem-se das secas por não serem tão longas e intensas como nas regiões de aridez permanente ou de desertificação tradicional. De acordo com o manual de desastres Naturais (Brasil, 2003, p 55 ).

A diminuição da pluviosidade está relacionada principalmente com a dinâmica da atmosfera de todo o planeta. A quantidade da água na superfície e na subsuperfície estão ligados a fatores da dinâmica global das condições atmosféricas. Os mecanismos da atmosfera comandam as variáveis climatológicas relativas às quantidades de precipitação pluviométricas. Os fatores ambientais locais estão ligados com o segmento abiótico do meio físico. Os elementos físicos são a geologia, à pedologia, à geomorfologia e suas influências, e interações recíprocas sobre os índices de infiltração da água e fornecimento de água ao lençol freático.

Assim pode-se observar que existem muitos fatores que influenciam a redução de precipitação pluviométrica em uma área, sendo que um deles pode ser o mais determinante para o agravamento da redução das chuvas em um ano e no período seguinte, outro fator pode ser o mais relevante. Também a soma de vários elementos podem ser a razão pela qual a escassez de água venha a acontecer em um episódio específico. Estas questões podem ser locais ou resultado de problemas ou alterações climáticas em outras partes do mundo que se refletem a milhares de quilômetros de distância do seu ponto de origem, fazendo cessar as chuvas em outro ponto do globo.

Desta forma, como existem muitos motivos para a ocorrência das estiagens, estas tem maior ou menor impacto de acordo com as regiões e os motivos que as proporcionaram. As estiagens, ao contrário das secas, podem ocorrer em qualquer tipo de clima, embora seus efeitos sejam mais agudos em áreas tropicais, pois nestas áreas climáticas geralmente não se está preparado para a falta de chuvas por um período prolongado, pois são normalmente áreas de maior pluviosidade. Os maiores problemas não ocorrem em regiões onde a falta de chuvas é algo crônico, pois os grupos humanos e a vida animal e

vegetal já se adaptaram às condições de pouca água, mesmos que isso seja algo difícil e limite a qualidade de vida. Os impactos mais sensíveis ocorrem em regiões onde a sociedade, os animais e vegetais estão acostumadas com uma pluviosidade regular. Desta forma, nestes locais onde a água é mais abundante normalmente, existe um impacto maior nos períodos onde oferta de água torna-se reduzida. Assim, em climas mais úmidos são evidenciados mais facilmente períodos com falta de água, mesmo sem se chegar aos extremos de falta de água, como acontece com o fenômeno das secas em regiões de climas áridos e semi-áridos.

Para definição de quando ocorrem as estiagens existem vários métodos. De acordo com a Organização Mundial de Meteorologia WMO<sup>4</sup> citado por Colville (1977, p.05)

Existe seca em uma região quando a precipitação anual é inferior a 60% da normal durante mais de dois anos consecutivos em mais de 50% de sua superfície. Suponha-se que os ecossistemas e os sistemas econômicos e sociais podem resistir a uma diminuição da precipitação de 40% durante um ano, porém se vêem afetados seriamente quando o fenômeno se repete durante dois anos ou mais de forma consecutiva.

Assim, por este conceito, entende-se que as secas sejam um fenômeno rigoroso e de longa duração, repetido pelos menos durante um período de dois anos, causando graves problemas sociais e econômicos. Sendo a escassez de água um fenômeno rigoroso e importante, é pertinente aqui citar Viau et al (2000)<sup>5</sup> apud Palonne (2003), o qual explica que anualmente mais de 50% do nosso planeta pode apresentar diferentes manifestações de secas, sendo que estas ocorrem repetidas vezes durante os séculos, sendo um fenômeno cíclico e comum em quase todas as regiões do mundo. Quando elas acontecem, áreas produtoras de alimentos podem perder a produtividade de maneira considerável. Assim vê-se que a falta de água sempre ocorreu em todas as partes do mundo, com maior ou menor freqüência ou com maior ou menor intensidade.

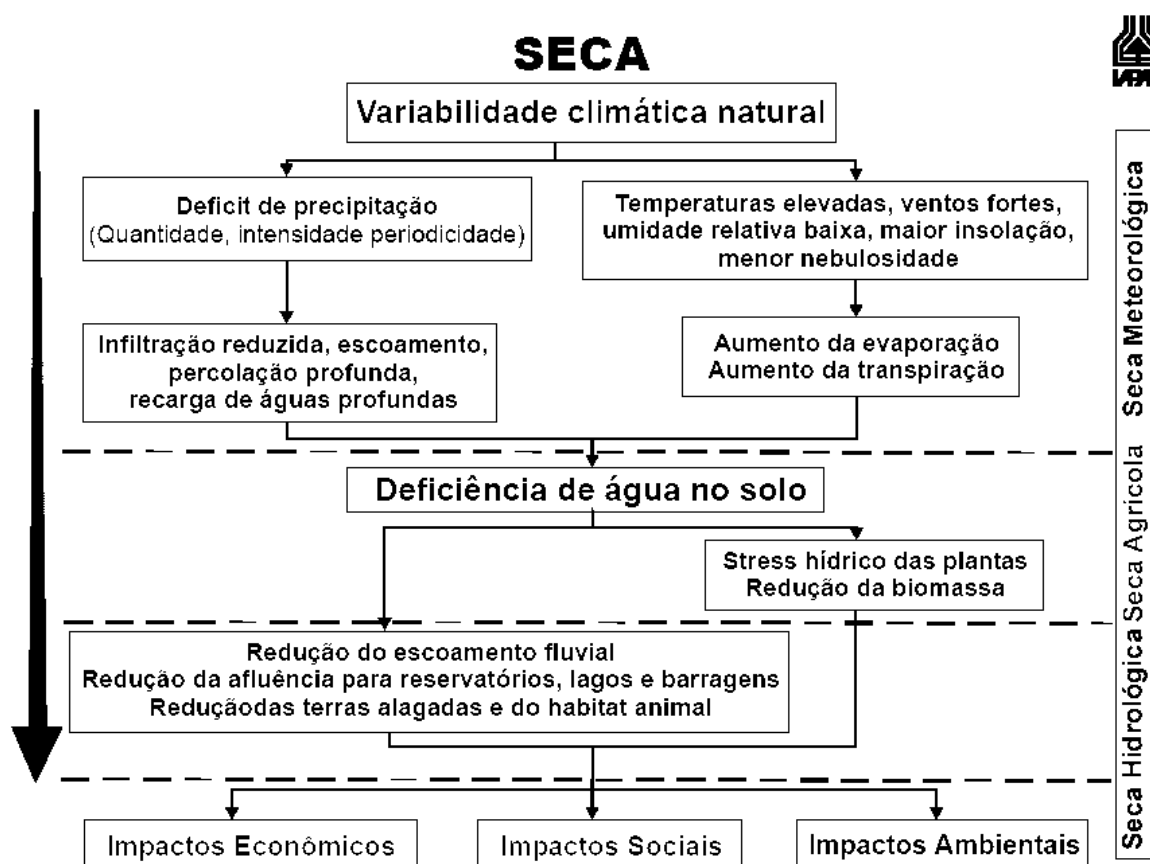
<sup>4</sup> Organização Meteorológica Mundial (OMM), 1986

<sup>5</sup> VIAU, A. A.; VOGT, J. V.; BEAUDIN, I. Comparison of a Satellite-Based and Precipitation-Based Drought Index. **Canadian Journal of Remote Sensing**. 26(6):580-583, 2000.

A variabilidade climática natural define então muitos dos episódios e locais onde as estiagens e secas irão ocorrer. Conhecer os processos que causam as secas e as formas para evitá-las ou reduzir os seus impactos seria importante para o melhor desenvolvimento das atividades humanas.

Uma variedade de fatores podem ser analisados a partir da figura 06, desde o déficit de precipitação, as temperaturas elevadas, os ventos fortes, além de vários outros pontos.

FIGURA 06 – A VARIABILIDADE CLIMÁTICA NATURAL



FONTE: Caramori ( 2006 )

De acordo com os dados da tabela, no período de secas drásticas existe a redução das precipitações pluviométricas de forma que ocorre a aceleração de

perdas líquidas causadas pela evaporação e pela transpiração levando a ausência, muitas vezes quase total, da água na subsuperfície e superfície. Lagos, rios e águas subterrâneas reduzem seus volumes consideravelmente e a vida animal passa por racionamento por falta de opções de fontes de água.

Nessas circunstâncias o regime de ventos secos, da insolação e a redução dos níveis de umidade do ar, fazem aumentar a transpiração dos animais e vegetais, bem como a evaporação dos reservatórios de água.

As causas das secas que se instalam em regiões como o Nordeste do Brasil são relacionadas com vários fatores condicionantes como a geodinâmica terrestre global em seus aspectos climáticos e meteorológicos, bem como a influência do oceano Atlântico. Segundo Carvalho (1988)<sup>6</sup> apud Palonne (2003) também pode existir outro tipo de seca denominado de *seca econômica*, quando a redução de água disponível afeta a produção de bens de consumo como energia elétrica, alimentos, abastecimento das populações e da indústria.

Em regiões de climas áridos e semi-áridos a ocorrência de secas podem apresentar-se de forma permanente. Este fenômeno também pode ocorrer com frequência em regiões onde os níveis de pluviosidade apresentam-se abaixo da normal, apenas em determinados períodos do ano ou mesmo em alguns anos mais seguidamente, durante determinadas décadas.

Desta forma, locais com maior número de ocorrências de estiagens e secas tendem a ser lugares onde aumentam a miséria endêmica e a estagnação econômica. Também no Brasil as populações mais pobres sofrem ainda mais com os períodos de redução da pluviosidade (BRASIL, 2003 p.59).

Para Strahler (1992), os climas secos são aqueles em que a perda de água dos solos e das plantas pela evaporação excede em muito a quantidade de água recebida pela precipitação pluviométrica. Ou seja, a quantidade de água que evapora é maior do que a água precipitada da atmosfera, o que vai gerar uma deficiência hídrica com diferentes níveis de intensidade, de acordo com o tempo que ocorrer a falta de chuvas.

---

<sup>6</sup> CARVALHO, O. **A civilização da seca**. Rio de Janeiro : Ed. Campus, 1988.

Outro termo importante ligado à falta de água na natureza é a o de aridez. Para De Martone (1964, p. 250), a aridez é um fenômeno que gera muitas alterações nas áreas afetadas. A aridez é um caso extremo de falta de água e umidade ocorrendo em climas secos. A falta de água extrema, determinada de seca, é detectada oficialmente quando a medida anual das precipitações, avaliada em centímetros, é inferior ao dobro da média térmica anual em graus centígrados e se aplica a mesma medida aproximada às medidas mensais, substituindo os centímetros por milímetros de chuva<sup>7</sup>. Assim a aridez passa a ser um tipo de seca extremo, especificamente em áreas de climas secos e geram alterações significativas na paisagem. Outros autores definem seca utilizam-se de recursos estatísticos, via índices pluviométricos, como suporte de classificação do que é seca.

É possível atualmente a utilização de várias escalas de medidas precisas, servindo-se da administração de muitos índices para medir a falta de umidade.

Um destes índices é uma função das precipitações (P) e da temperatura (T) e da fórmula  $P: (T+10)$ , aplicável a média anual, assim como as médias mensais (multiplicando-se por 12 neste último caso). A utilização de um mapa de índice de aridez mostraria, por comparação, aspectos de sua vegetação. Um valor de 20 representaria muito bom para a média anual; a mesma cifra serviria para fixar os meses secos.

Pode-se observar e classificar a falta de água em uma área usando índices para definir quando ocorre seca, quando se tem água suficiente ou quando se está abaixo do estado ótimo de umidade. Para Mota (1986), o índice de seca de uma área é conseguido através da utilização da seguinte fórmula:

Índice de seca = soma dos valores diários de  $I-ER / EP$  (Índice – Evapotranspiração real / Evapotranspiração potencial) em um determinado período de tempo como de 1º de dezembro a 28/29 de fevereiro.

De outra forma, para Nery (1996, p. 82) no estudo sobre a Variabilidade Interanual da Precipitação no Estado do Paraná, utiliza para o sua pesquisa o

---

<sup>7</sup> Tradução do autor



termo *índice de seca* de forma semestral, ano por ano (por períodos: inverno e verão). O índice utilizado para este cálculo foi:

$$I = \frac{[p - P]}{P}$$

Sendo que I – índice de seca; p – chuva total semestral e P – chuva média semestral no período. Os intervalos foram classificados da seguinte forma:

$I > -0.2$ , situação normal (não se analisou período úmido);

$-0.2 > I \geq -0.4$ , seca moderada;

$-0.4 > I \geq -0.6$ , seca intensa e

$I < -0.6$  seca extrema.

Em outro trabalho de pesquisa sobre as secas na região nordeste, Serra (1982, p. 105) define os períodos de acordo com a quantidade de precipitação. Ele classifica da seguinte forma as definições para Fortaleza: seca com precipitações inferiores a 800 mm anuais, normais com precipitações de 800 mm a 1800 mm e chuvoso quando as precipitações são superiores a 1800 mm.

Mais uma definição importante é a de Ayode (2004, p.272), com relação a definição de seca: “Concorda-se geralmente que esta pode ocorrer sempre que o suprimento de umidade das precipitações ou de umidade armazenada no solo seja insuficiente para atender às necessidades hídricas ótimas das plantas.” Desta forma, segundo esta definição, a partir do momento em que ocorresse a insuficiência de umidade que atenda às necessidade mínimas das plantas, estaria ocorrendo uma seca.

Faz-se aqui uma outra explicação tipos de secas que podem ocorrer de acordo com as condições de cada local. Podem ser secas permanentes que ocorrem em locais de clima árido como nos desertos secos do tipo Saara; secas sazonais que ocorrem em locais onde o clima apresenta uma estação seca e uma estação úmida, sendo quase sempre previsíveis as suas ocorrências; e as secas do tipo contingente que são secas que ocorrem em locais de clima úmido e

subúmido, ocorrendo pela anomalia de estiagens em períodos onde deveria existir precipitação. A seca invisível ocorre quando começa existir a deficiência de água em oferta ótima para as plantas levando a um sub-crescimento dos vegetais. Não é então uma seca visível, mas a redução à oferta em áreas onde a umidade é normal. As secas do tipo contingente e a e invisível são as mais difíceis, pois ocorrem em locais onde não se pode prever por meios simples que elas irão acontecer.

Assim locais onde geralmente não se aguardam por ocorrência de secas tendem a não estarem preparados com equipamentos adequados, no caso açudes, canais de irrigação, reservatórios especiais do governo e particulares. Desta forma o impacto quando as estiagens chegam podem ser graves mais pela falta de estrutura para enfrentar o problema do que a intensidade e grau de escassez de água.

Segundo o Glossário de Meteorologia da Associação Americana de Meteorologia (2006) o termo seca ou drought significa:

**drought**—(Sometimes spelled drouth.) A period of abnormally dry weather sufficiently long enough to cause a serious hydrological imbalance.

Drought is a relative term, therefore any discussion in terms of precipitation deficit must refer to the particular precipitation-related activity that is under discussion. For example, there may be a shortage of precipitation during the growing season resulting in crop damage (agricultural drought), or during the winter runoff and percolation season affecting water supplies (hydrological drought). *Compare dry spell; see absolute drought, partial drought.*

Entende-se assim que o termo seca para os estudiosos de língua inglesa é um período anormal sem pluviosidade que causa sérios problemas, sendo um termo relativo e existindo variações de intensidade como absoluta ou parcial. A

seca parcial está relacionada à palavra estiagem em português. Esta definição da associação Americana também considera as definições como algo relativo devido aos muitos fatores envolvidos.

Outra definição é feita pelo NDMC (2006) drought define-se por:

Drought is a normal, recurrent feature of climate. It occurs almost everywhere, although its features vary from region to region. Defining drought is therefore difficult; it depends on differences in regions, needs, and disciplinary perspectives. Based on the many definitions that have appeared in the literature, for example, we might define drought in Libya as occurring when annual rainfall is less than 180 mm, but in Bali, drought might be considered to occur after a period of only 6 days without rain! In the most general sense, drought originates from a deficiency of precipitation over an extended period of time, resulting in a water shortage for some activity, group, or environmental sector. Whatever the definition, it is clear that drought cannot be viewed solely as a physical phenomenon.

Assim, secas são fenômenos normais que ocorrem em quase todas as partes do mundo sofrendo apenas diferenciações de região para região.

Desta forma vemos que o conceito da Associação Americana de Meteorologia refere-se às secas como anomalias e o conceito da NDMC (2006) refere-se às secas como algo normal para o clima.

#### CATEGORIAS DE INTENSIDADE DAS SECAS (DROUGHT INTENSITY CATEGORIES)

D0	- Abnormally Dry
D1 Drought	– Moderate (20%)
D2 Drought	– Severe (10%)
D3 Drought	– Extreme (5%)
D4 Drought	– Exceptional (2.5%)

FONTE: NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER (2006)

Além disso, a OMM (2006, p. 06) também explica que o termo seca/estiagem (drought) apresenta muitas definições de acordo com os diversos setores onde a falta de chuvas causa impacto. O termo seca apresenta também

significados diferentes para administradores de água, agricultores, para os operadores de hidroelétricas e biólogos de vida selvagem. Até entre uma mesma profissão ou ciência de estudo podem ser utilizados diferentes explicações ou definições para o termo seca. Isto ocorre porque são diferentes os tipos de impactos estudados de acordo com a especialização da área profissional de conhecimento, ou com o objeto a ser analisado que sofre o problema da carência hídrica. Por exemplo, os efeitos de seca em rendimento de colheita podem variar consideravelmente para diferentes estruturas vegetais como o milho, trigo, feijão, soja e sorgo. Isto ocorre porque são plantados em tempos diferentes, e apresentam fisiologias específicas, sendo que durante as fases de crescimento não têm as mesmas exigências de água e de temperatura umas das outras. Assim para se entender melhor o funcionamento das estiagens e das secas deve-se estudar as temperaturas, o vento e a umidade relativa, pois estas também são fatores importantes para se compreender os mecanismos de deficiência de água de um local para outro.

Um estudo de Brunini et al<sup>9</sup> [p. 101] apresenta vários métodos utilizados por pesquisadores diferentes para a definição de índices de estiagens. Estes métodos podem analisar também questões como a oferta de água para o solo e para as culturas agrícolas. Seu texto reafirma que a estiagem no Brasil é um fenômeno muito importante e afeta não só a produção agrícola mas muitas atividades da população. O estudo aborda a variação de ocorrência de estiagens para o Estado de São Paulo, mas discute o problema de forma generalizada para diversas regiões do país. Também aborda problemas como a quantificação e monitoramento das estiagens, distribuição de chuvas, e administração agrícola. Dados diários climatológicos foram usados de 114 localidades para determinar índices de estiagem no Estado de São Paulo. Estes estudos levaram em conta tipos de solos e características de culturas agrícolas e relacionam-se com índices derivados da relação entre evapotranspiração real e a evapotranspiração potencial ETR/ETP e da disponibilidade de água dos solos obtidas pelo balanço hídrico, já

---

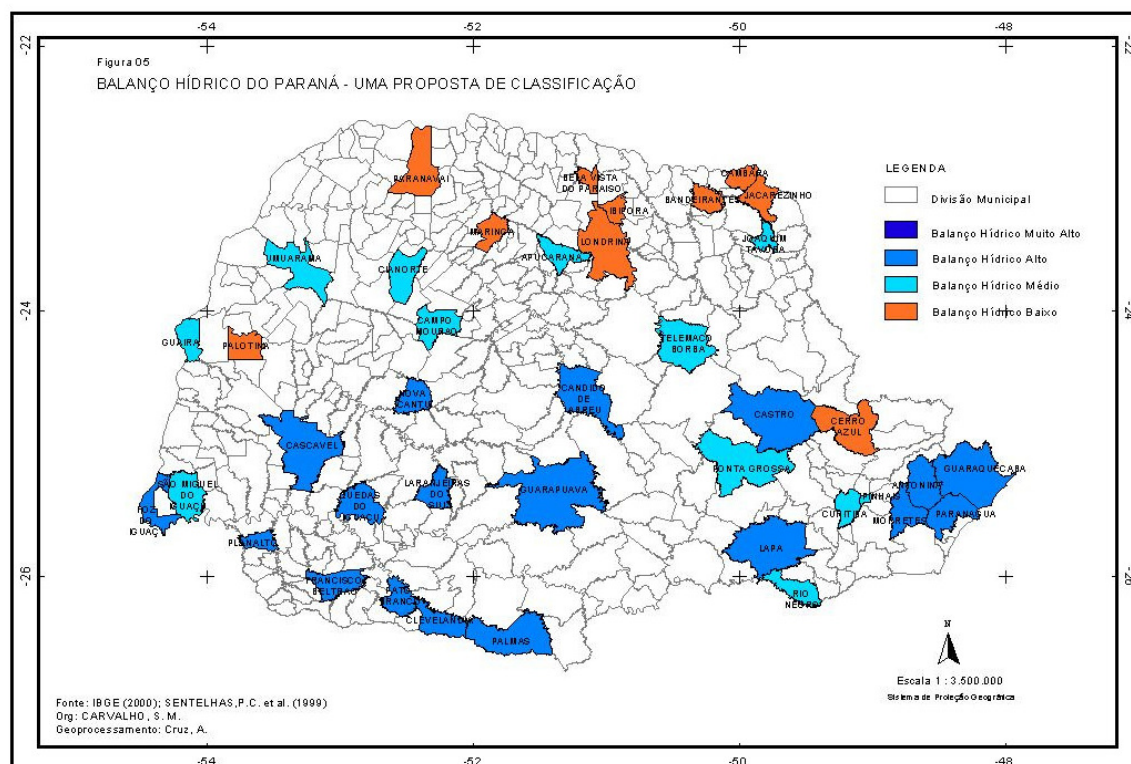
<sup>9</sup> BRUNINI et al. **Drought Quantification and Preparedness in Brazil - The Example of São Paulo State.** Agrometeorology Information Center, Instituto Agronômico, Campinas, Brazil, University of Campinas, Campinas, Brazil.

que as colheitas são afetadas pelas estiagens. O balanço hídrico geralmente é mais utilizado por especialistas das áreas ligadas à agronomia. Segundo Tarifa (1973, p.05) o balanço hídrico foi elaborado por Thornthwaite (1948), o qual considerou a água do solo como uma grandeza contabilizável, e o processo permite calcular a umidade disponível confrontando dois elementos climáticos contrários: a precipitação que representa o acréscimo de umidade no solo e a evapotranspiração que é a perda potencial de umidade que se transfere para a atmosfera.

Analisando-se outros autores que explicam sobre o balanço hídrico pode-se citar a seguinte definição feita por Carvalho e Stipp (2004, p. 57) *“O balanço hídrico nada mais é do que a contabilização da água no solo, ou seja, uma forma de medir a quantidade de água que entra e sai do solo.”* Assim o balanço hídrico é muito usado em estudo de ciências agrárias, que estão ligados diretamente com o crescimento das culturas agrícolas. Os estudos feitos pelas autoras podem ser utilizados para zoneamento agro climático, conhecimento do regime hídrico, demanda potencial de água em culturas irrigadas, e mais recentemente em diagnósticos do estado de conservação de recursos naturais de bacias hidrográficas.

Carvalho e Stipp (2004, p. 65) elaboraram um estudo do balanço hídrico para alguns municípios do Paraná mostrando uma proposta de classificação do balanço hídrico para a área considerada. De acordo com a figura 07 pode-se visualizar os municípios onde o balanço hídrico é muito alto, alto, médio e baixo. De acordo com a pesquisa o balanço hídrico mais baixo distribui-se mais na região nordeste e norte do Estado.

FIGURA 07: BALANÇO HÍDRICO DO PARANÁ



FONTE: CARVALHO E STIPP (2004)

A administração dos solos e as práticas agrícolas são questões analisadas por Brunini et al (p. 101) onde são aplicadas variabilidades meteorológicas e parâmetros de previsão do tempo para dar apoio ao sistema de advertência.

Os índices utilizados para monitoração e quantificação das secas/estiagens são a evapotranspiração real e a evapotranspiração potencial, excesso de água no solo, deficiência de umidade do solo, freqüência de distribuição de chuvas, necessidade de água para as culturas, freqüência de seca, probabilidade de água armazenada no solo, anomalias de chuva e seca/estiagem agrícola. O conceito Índice de Precipitação Unificado (IPU) foi incorporado nos boletins e uma análise específica foi feita para o período de 1999-2000 para estudar as estiagens no Estado de São Paulo. Os resultados demonstraram que o IPU era útil para monitorar e quantificar os regimes de seca e os efeitos destas na produção agrícola.

Os conceitos de seca variam amplamente também no Brasil, e estes dependem das características das terras e das culturas utilizadas. Por exemplo, de acordo com 6 a 7 dias sem chuva podem caracterizar um período de estiagem severa para culturas com raízes curtas, mas se forem consideradas culturas com raízes profundas, uma semana sem chuva pode não ser considerada estiagem, pois estes vegetais seriam menos vulneráveis a escassez de água pelo período de uma semana.

Outro aspecto importante é a capacidade de armazenamento de água no solo sendo que terrenos com um perfil profundo e capacidade de boa retenção de água proporcionam um reservatório hídrico satisfatório, o que facilita a expansão das raízes. Solos rasos multiplicam as dificuldades do desenvolvimento das raízes quando ocorrem as estiagens causa do volume menor de água que podem ser armazenadas em camadas inferiores. Mas por outro lado, os solos rasos podem absorver mais rapidamente valores de precipitação menores.

A grande variabilidade de condições climáticas e topográficas proporciona muitas diferenças de zonas de produção agrícolas no Brasil. A quantidade de chuvas e os tipos de clima influenciam na formação de cada tipo de solo. Embora certas áreas da região Nordeste seja mais propensa à falta de água devido à alta variabilidade pluviométrica inter-anual, onde a ocorrência de secas é mais freqüente e mais rigorosa, outras regiões do país podem ser afetados pelas estiagens com diferentes níveis de rigor.

A alternância entre períodos com muitas chuvas e outros com a falta destas geram para a região Sul, e o especificamente o Paraná, conseqüências impactantes aos regimes pluviométricos locais, de acordo com Almeida (2000, p. 16)

Entre essas irregularidades destaca-se a variabilidade pluviométrica interanual nas regiões tropicais e subtropicais, sob a influência de fenômenos globais como El Niño Oscilação Sul – ENOS. Essa variabilidade alterna episódios ora de secas, ora de concentração de chuvas, repercutindo em problemas de abastecimento de água e energia, ou causando enchentes que trazem prejuízos econômicos, deslizamento de encostas com a perda de moradias e de vidas humanas, principalmente

em ambientes urbanos. Em ambientes rurais esses efeitos adversos podem ser indicados pela redução de safras, que desestabilizam o mercado, provocam desemprego e comprometem a segurança alimentar, bem como a intensificação de queimadas em períodos secos, e perda da fertilidade e dos solos com os processos erosivos.

Este processo de alternância entre período de chuvas e período de estiagens, promove uma variabilidade na oferta hídrica, e consequentemente nas dificuldades para atividades diretamente ligadas a utilização de grandes quantidades de água, como é o caso da agricultura.

Outro fator importante que influencia na quantidade de umidade na atmosfera é a influencia do fenômeno El Niño. Evidenciando esta questão, Fontana e Berlato (1996) explicam que o fenômeno El Niño aumenta a distribuição de chuvas no Rio Grande do Sul, sendo que o maior incremento das precipitações são principalmente nos meses de outubro e novembro. Para o Paraná também existe aumento das precipitações quando ocorre o El Niño. Em contrapartida, quando outro fenômeno denominado de Anti-El Niño ou La Nina atinge a Região Sul, registra-se reduções da umidade influenciando assim a formação de períodos de estiagens. Estudos específicos a estes dois fenômenos são comuns atualmente, e de acordo com o LabMet (2007) “com as avaliações das características de tempo e clima, de eventos de La Niña ocorridos no passado, observou-se que o fenômeno de La Niña mostra maior variabilidade, enquanto os eventos de El Niño apresentam um padrão mais consistente”. Desta forma pode-se observar que estiagens provocadas pelo efeitos Anti-El Nino são muito variáveis, podendo ser registrados tanto estiagens rigorosas como estiagens suaves.

Por serem muito díspares as intensidades de secas e estiagens, alguns países e instituições criaram índices para a medição da falta de água. Alguns destes conceitos serão explicados a seguir para se entender os índices de precipitação mais utilizados. Dentre os métodos analisados durante esta pesquisa, um deles foi escolhido para desenvolver as análises sobre as estiagens no estado



do Paraná. A partir daqui far-se-á uma exposição de alguns índices pesquisados por Hayes (2006)<sup>10</sup>, o qual explica que nos Estados Unidos são utilizados vários processos para obtenção de índices de precipitação, sendo que nenhum fornece informações completas de forma ideal para todos os casos de estiagem. Assim, não existe um método superior aos demais que se possa utilizar de forma generalizada. O que ocorre é a aplicação de vários tipos de índices que podem ser utilizados em diferentes circunstâncias e em áreas diferentes, desta forma escolher-se-á um índice que seja o melhor para um determinado tipo de pesquisa. Por exemplo, quando o estudo for realizado em uma área uniforme e de grande extensão, o Índice de Palmer é o mais indicado, porque ele consegue fornecer resultados mais confiáveis para grandes áreas. Se a umidade condiciona a colheita em áreas produtoras, então o melhor Índice de umidade a ser usado será o de Umidade de Colheita.

Palmer em 1965, aplicou seu índice de seca nos Estados Unidos baseado na relação de suprimento e demanda que usa o conceito da equação de equilíbrio de água. Isto significa que mais do que o déficit de precipitação de um local é levado em conta. Desta forma este índice compara a quantidade de precipitação (em uma área durante determinado período de tempo) com a quantidade média esperada no mesmo período para as atividades agrícolas. Foram unificadas as medidas das condições de umidade para que depois possa ser feita qualquer comparação usando o índice que poderia ser feito entre diferentes meses e entre diferentes locais. O Índice de Palmer foi baseado em dados de precipitação, dados de temperatura, e o conteúdo de água disponível da terra. Usando estes dados, podem ser determinadas condições básicas da equação de equilíbrio de água. Incluídos na equação de equilíbrio de água são analisados os dados de recarga de terra, evapotranspiração, e perda de umidade da camada de superfície. Este tipo de índice também leva em conta a duração de uma seca ou do período de chuvas. O Índice de Palmer, apresenta melhores resultados para determinar secas a longo prazo (em período de meses)

---

<sup>10</sup> Tradução do autor

e não é tão eficiente para analisar períodos de secas de curto prazo (período de semanas).

#### Valores de Severidade do Índice de Seca de Palmer

4.0	ou mais Extremamente úmido
3.0 a 3.99	Muito úmido
2.0 a 2.99	Moderadamente úmido
1.0 a 1.99	Ligeiramente úmido
0.5 a 0.99	Período úmido Incipiente
0.49 a -0.49	Perto de Normal
-0.5 a -0.99	Período Seco Incipiente
-1.0 a -1.99	Seca Moderada
-2.0 a -2.99	Seca Moderada
-3.0 a -3.99	Seca Severa
-4.0 a -4.99	Seca Extrema

Há também o Índice de Precipitação Unificado (IPU), como foi rapidamente abordado anteriormente, que analisa a qualquer momento a probabilidade de precipitação. Tom McKee criou esse índice em 1993 entre 3, 6, 12, 24, e 48 alterações do tempo em cada mês. O índice foi projetado para analisar o déficit de precipitação a as alterações múltiplas. Estas alterações mostram o impacto da seca na disponibilidade de certas fontes ou vertentes de água. O raciocínio atrás da análise é devido ao fato de que fontes de água diferentes não respondem da mesma maneira quando existe uma mudança de precipitação. Por exemplo, a umidade da terra rapidamente afeta as condições normais de outros elementos como reservas da água nos lagos e níveis de água do solo. Estes levam consideravelmente mais tempo para responder as anormalidades de falta de chuvas.

Calculando que o valor de Índice de Precipitação Unificado (IPU) está baseado nos registros de precipitação de longo prazo, para um período de tempo específico, e pode ser feito para qualquer local desejado; o registro é trabalhado

usando cálculos de probabilidade, e as distribuições normais, de forma que o IPU ruim avaliado para aquele local seja zero. Valores positivos são uma indicação de maior quantidade de precipitação mediana e os valores negativos indicam menos que a precipitação mediana. Considerando que o IPU é unificado, podem ser representadas secas e condições de períodos chuvosos para todos os tipos de clima.

Este índice também determinava critérios para a duração de uma seca ou evento de período de chuvas para quaisquer períodos de alterações. Por exemplo, o começo de uma seca é a qualquer momento quando o valor de IPU for negativo para um período contínuo de tempo e consegue ser a mais elevada igual a um valor de -1.0. Este evento terminaria então sempre que o valor ficou positivo. Para achar a magnitude total do evento de uma seca, o que é necessário fazer é analisar os dados ligados aos valores absolutos da soma de todo o Índice de Precipitação Unificado avaliado durante os meses nos quais o evento aconteceu.

Uma desvantagem do Índice de Precipitação Unificado (IPU) é que os valores que foram achados baseados em dados preliminares podem mudar. Há uma vantagem ao IPU, que inclui o fato de que é um índice menos complexo que o Índice de Palmer. Outra vantagem é a possibilidade deste índice fornecer previsão mais rápida a um período de seca próxima e seu possível grau de severidade. Esta previsão mais ágil poderia dar às pessoas de negócios agrícolas mais condições de se prepararem para um possível período de seca.

#### VALORES DOS ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO UNIFICADOS

2.0 ou mais	Extremamente úmido
1.5 a 1.99	Muito úmido
1.0 a 1.49	Moderadamente úmido
0.99 a -0.99	Perto de Normal
-1.0 a -1.49	Moderadamente Seco
-1.5 a -1.99	Severamente Seco
-2.0 ou menos	Extremamente Seco

O Índice de Umidade de Colheita é uma variação do Índice de Palmer. Este índice usa uma análise meteorológica para estudar as condições de colheita de semana-a-semana. Reflete previsão de chuvas e umidade em curto prazo para regiões de colheitas mais importantes e não é usado para determinar secas de longo prazo. O Índice de Umidade de Colheita responde muito rápido às condições variáveis, e é influenciado pelas condições do tempo do local específico. Desta forma o sistema cria e exibe mapas que o Índice de Umidade de colheita armazena e desta forma os pesquisadores podem comparar locais diferentes e as condições de umidades destes locais. O fato é que este índice responde depressa a alterações de condição de tempo em curto prazo, mas não oferece informações confiáveis a longo prazo. Um exemplo disto seria quando uma área em que ocorre uma seca recebe semanalmente quantidades significantes de precipitação, mas não o bastante para acabar com a seca. O Índice de Umidade de Colheita irá durante uma semana, indicar que a área tem umidade suficiente, entretanto a seca ainda pode não ter acabado. Outro problema que impede que o Índice de Umidade de Colheita possa determinar condições em longo prazo, é o fato de que não é um índice que trabalhe com informações dentro do espaço de tempo de um ano, pois, em cada início e fim de cada estação reinicia-se com o valor zero. Esta questão limita seu uso, pois não analisaria um período contínuo de seca, especialmente quando houve uma seca que dura durante vários anos.

O Índice de Provisão de Água de Superfície foi projetado para ajudar na obtenção do índice de Palmer indexando dados e suas condições de umidade no inicialmente no Estado do Colorado nos Estados Unidos. O Índice de Palmer é mais usado em área onde a topografia é homogênea não levando em consideração formações montanhosas com acumulação de neve. O Índice de Provisão de Água de Superfície usa dados da hidrologia e características climatológicas criando um único valor que é semelhante ao Índice de Palmer, como, por exemplo, para os rios individuais na Bacia de Colorado. Este índice é

utilizado de acordo com as épocas do ano. No inverno são calculados o armazenamento de reservatórios, precipitação, e também de neve compactada. No verão em vez de neve compactada, é calculada a vazão dos rios.

Para determinar o Índice de Superfície de Água de Provisão para uma bacia particular segue o seguinte procedimento. São armazenados dados mensais e somados para todas as estações de precipitação, reservatórios, estações de neve compactada e de derretimento da neve. Cada conjunto de dados é normalizado com uma análise de frequência de um conjunto de dados de longo prazo. São feitas comparações das probabilidades calculadas. Um valor de unidade é estabelecido então a cada componente e então estes dados são somados para determinar um valor pelo o Índice de Superfície de Água de Provisão que pode representar a área inteira. O Índice de Superfície de Água de Provisão tem uma tabela semelhante ao Índice de Palmer, enquanto variando de -4.2 a 4.2.

Ocorreram algumas vezes problemas para a aplicação deste índice devido à sua complexidade, o que acaba gerando erros se não for corretamente aplicado. Alguns eventos históricos raros foram documentados com problemas, o que levou a necessidade de se recalcular o valor do índice para certas áreas.

O Índice de Recuperação de Seca é semelhante ao Índice de Provisão de Água de Superfície no fato de que é calculado ao nível de bacia hidrográfica, novamente analisando precipitação de neve, rios, reservatórios, juntamente com dados de temperatura. Este índice inclui os dados de temperatura ao cálculo, e leva em conta a evaporação que ocorre. Desta forma, embute uma temperatura inicial a evolução do processo e leva em conta a duração dos eventos. Isto é o que faz o diferencial em relação ao Índice de Provisão de Água de Superfície. Pode ser adaptado a certas regiões sendo sua vantagem principal levar em conta os reservatórios de água como lagos, represas e rios, além de relacionar o clima como um dos fatores importantes.

## VALORES DE ÍNDICES DE RECUPERAÇÃO DE SECA

4.0 ou mais	Extremamente Úmido
1.5 a 4.0	Moderadamente úmido
1.0 a 1.5	Normal/suavemente úmido
0.0 a 1.0	Normal/suavemente seco
-1.5 a -4.0	Moderadamente Seco
-4.0	Extremamente Seca

A classificação de Decil é um método de medição utilizado principalmente na Austrália. Ele agrupa eventos de precipitação mensais em categorias individuais chamadas 'deciles' ou decil. Por definição, muito mais baixo que a *normal* os períodos não podem acontecer por mais de 20% do tempo. Este método dá uma medida estatística precisa de precipitação e dividiu os eventos em registros de longo prazo em décimos de distribuição. O primeiro decil é a quantia de chuva não excedida pelos 10% mais baixos. O segundo é a quantia de precipitação não excedida por 20% dos eventos. Eles continuam até o décimo decil, que é a quantia maior de precipitação no registro. O quinto é o mediano, não excede antes de 50% dos eventos.

Este método foi escolhido pelo Sistema de Marcação de Secas da Austrália devido ao fato de que é relativamente simples de calcular, e não requer todos os dados como o Índice de Palmer. No sistema, os fazendeiros podem pedir ajuda somente se a seca for um evento que aconteceu uma vez em 20-25 anos (deciles 1 e 2 mais de 100 registros por ano) e durando mais que 12 meses. A uniformidade deste método ajudou as autoridades australianas a determinarem condições de secas e os procedimentos a serem tomados para amenizar os problemas. Uma desvantagem é a necessidade de calcular os registros climatológicos em longo prazo para definir melhor a qualidade dos deciles.

## CLASSIFICAÇÕES DE DECIL

Decil 1-2	Mais baixo 20% Muito Debaixo de Normal
Decil 3-4	Próximo mais Baixo 20% Debaixo de Normal
Decil 5-6	Meio 20% Perto de Normal
Decil 7-8	Próximo mais Alto 20% Sobre Normal
Decil 9-10	Mais alto 20% Muito Anterior Normal

Para o desenvolvimento desta dissertação, estaremos utilizando o método de Robertson, que se baseia em um índice obtido por um tipo de desvio padrão que fornece à cada região um índice de estiagem específico de acordo com a precipitação média. Desta forma os conceitos do que é estiagem para o Estado do Paraná estarão sendo feitos baseados nos índices obtidos pela método de Robertson, detalhado anteriormente.

## **2. ASPECTOS DA VEGETAÇÃO E DA POPULAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ**

A vegetação é uma expressão do clima predominante em que ela está inserida. De acordo com Maack (1992, p. 220), devido ao tipo de clima do Paraná as chuvas podem ocorrer em todos os meses do ano, isso proporcionou condições do desenvolvimento de uma exuberante vegetação. A cobertura verde paranaense apresentava uma das mais ricas matas do Brasil até a algumas décadas atrás. Essa vegetação compreende formações vegetais diversificadas como a mata pluvial-tropical-subtropical, a mata de araucárias, os campos limpos e campos cerrados, a vegetação de várzea e pântanos, a vegetação de praias, ilhas, restingas e vegetação das regiões altas das serra e manguezais.

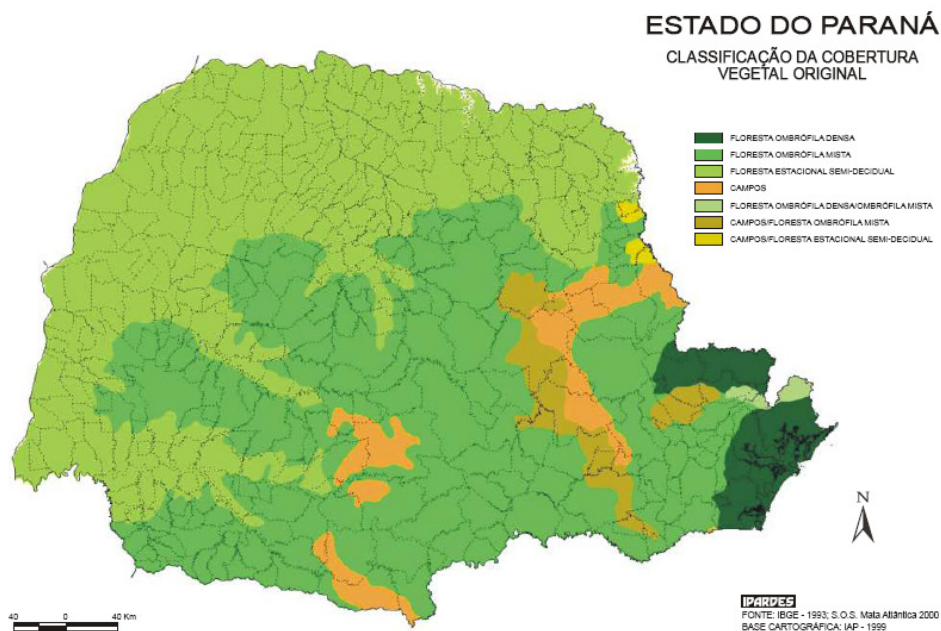
Maack (1992, p. 220) observou, na década de 60 que:

Quando as áreas de matas forem atingidas pela expansão da humanidade, resultarão profundas alterações. Do primitivo aspecto grandioso da natureza nada se conservará, quando a mata for vítima do fogo ou das serrarias. A amplitude da devastação das matas efetuada pelo homem no Estado do Paraná é indescritível.

Na figura 08 e na figura 09 que correspondem à cobertura vegetal nativa e a cobertura vegetal do final do século XX e início do século XXI mostra que ocorreu uma grande devastação da vegetação natural em poucos anos. Este processo de desmatamento e ocupação do solo demonstra não ter existido uma conscientização ecológica na época, sendo que o interesse principal era o da ocupação simplesmente. O que confirmava que uma área estava sendo apossada era a retirada da vegetação e a implantação de plantações e a criação de gado.

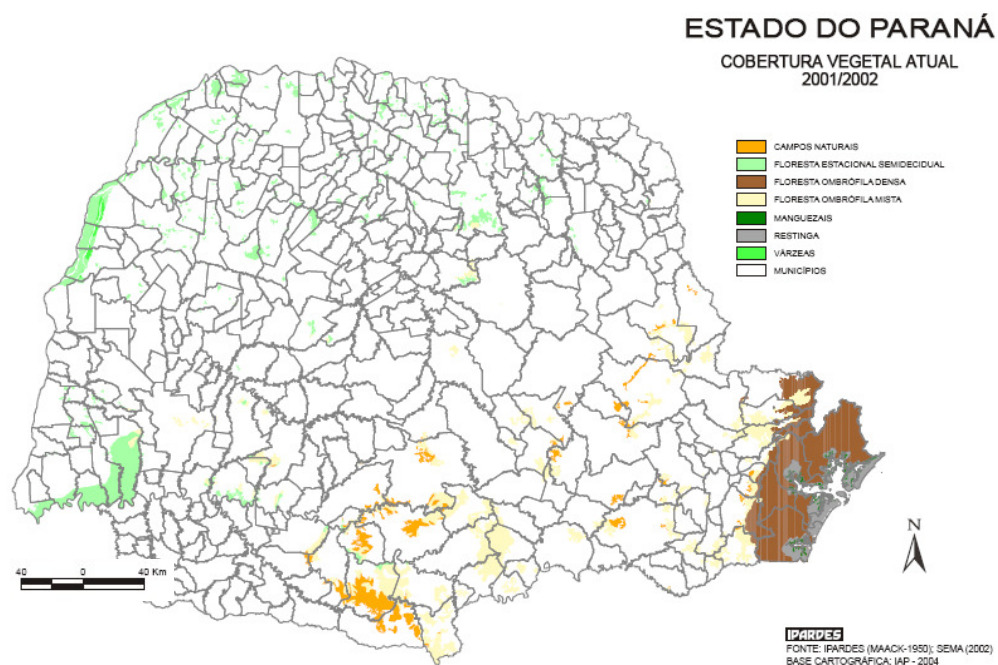


FIGURA Nº 08: VEGETAÇÃO ORIGINAL DO PARANÁ



FONTE: IPARDES (2007)

FIGURA Nº 09: VEGETAÇÃO ATUAL DO PARANÁ



FONTE: IPARDES (2007)

Essas alterações previstas por Maack (2002, p.223) podem estar acontecendo atualmente devido às modificações da estrutura regional e mesmo global. Observa-se que a redução da vegetação foi muito drástica devido a expansão da ocupação humana desordenada ao longo do território do estado. O corte da madeira para a expansão das plantações, criação de gado, construção de cidades e estradas foram muito rápidas. Atualmente observa-se que as florestas no Paraná foram substituídas por vegetação de menor porte, sendo por uma vegetação secundária, reflorestamento para a indústria de papel ou móveis ou por culturas agrícolas como o café, soja, milho, cana-de-açúcar, etc. Existem pesquisas sobre os efeitos da redução da cobertura vegetal em alguns municípios do Brasil e em vários países do mundo. De acordo com Liu (2005, p. 599) em um estudo sobre o desmatamento e a relação com a redução da pluviosidade que foi realizado para o município de Terenos no Estado do Mato Grosso do Sul. De acordo com o desmatamento houve um impacto na quantidade de chuvas do município. Os dados finais apresentaram que a precipitação total anual diminuiu de 1500 para 1250 mm durante o período de 1981 a 2002. Isto demonstra que os desmatamentos e as queimadas diminuem as áreas de florestas nativas e em consequência diminuem também o regime de chuvas. Conjuntamente com o aumento das áreas destruídas pelo desmatamento, ocorre a diminuição da função de fixação do CO<sub>2</sub> pela vegetação, que é o gás do “efeito estufa” e na redução da formação da chuva convectiva local (Artaxo, 2003)<sup>11</sup> citado por Liu (2005, p. 599).

Os resultados do município de Terenos podem motivar suspeitas de que o mesmo poderia também ter ocorrido com algumas regiões do Estado do Paraná, já que a cobertura vegetal atual apresenta muitas diferenças em relação com a cobertura vegetal do início do século XX. Isso talvez poderia ter contribuído, em parte, para o aumento do fenômeno das estiagens. Desta forma pode-se entender que a redução da vegetação natural, geralmente

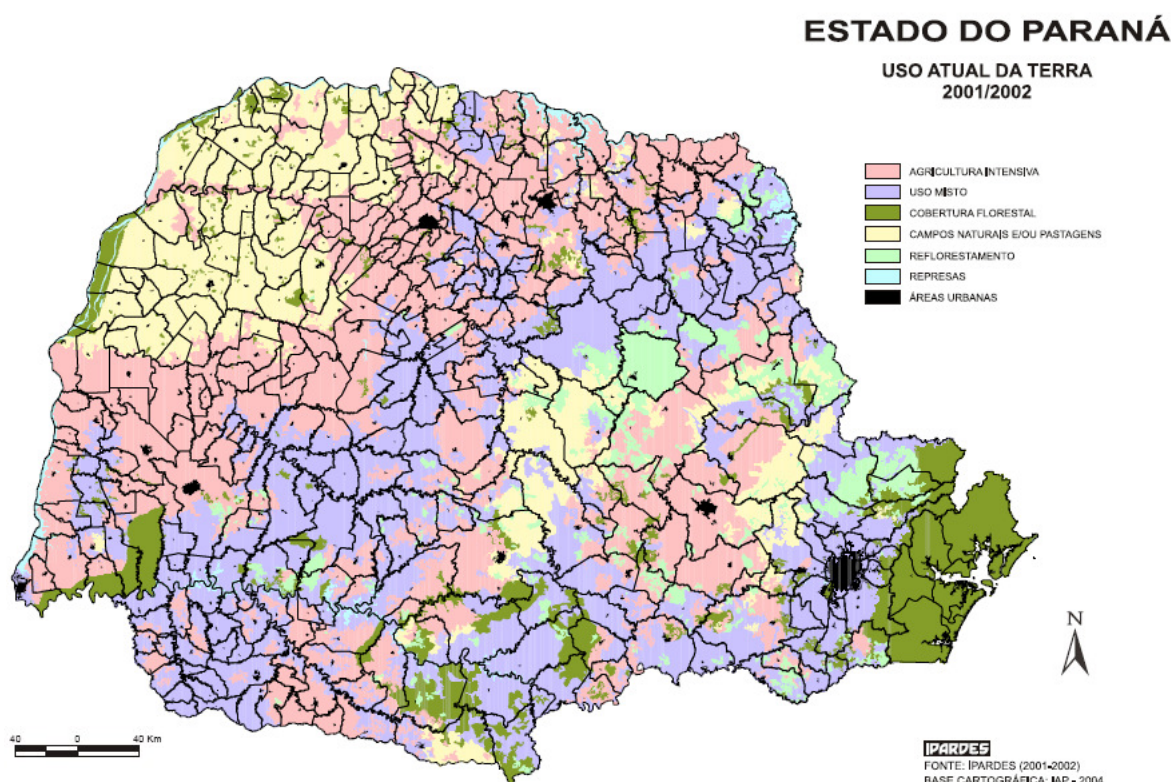
---

<sup>11</sup> Artaxo, P. O. Mecanismo da floresta para fazer chover. **Revista Scientific Americana**. 2003. Nº11, p. 38 - 45.

constituídas por florestas, proporcionava a formação de chuvas convectivas que forneciam maior quantidade de chuvas localizadas.

Observando-se a figura 26 do Total de Estiagens do Estado do Paraná e a figura 10 do Uso do Solo do Estado do Paraná percebe-se a coincidência de municípios com grande número de estiagens estarem em áreas com agricultura intensiva ou uso misto do solo.

FIGURA 10: USO DO SOLO DO ESTADO DO PARANÁ

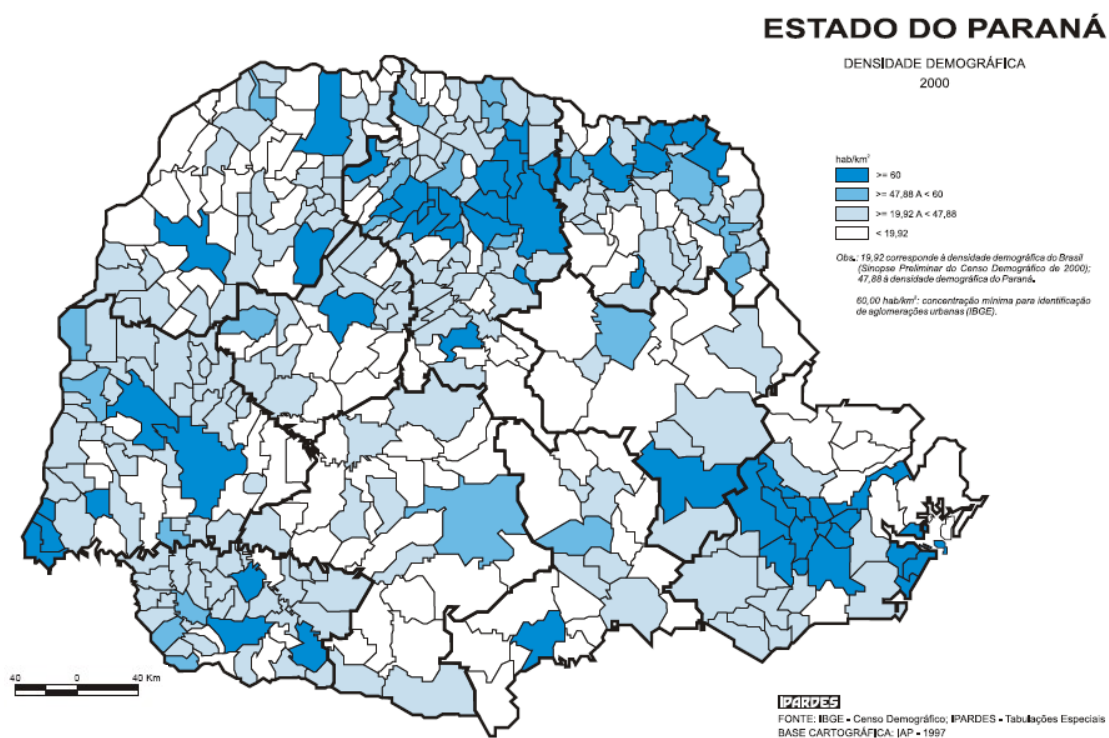


FONTE: IPARDES (2004)

Comparando a concentração das estiagens figura 26 com relação à figura 11 da Densidade Demográfica percebemos também a coincidência de municípios com grande número de estiagens com as áreas de elevada

concentração populacional, o que agrava mais o problema da falta de água. Alguns municípios como Cambé, Rolândia, Curitiba, Campo Largo, Cascavel e Toledo apresentam densidade superior a 60 hab/km<sup>2</sup>.

FIGURA 11: DENSIDADE DEMOGRÁFICA

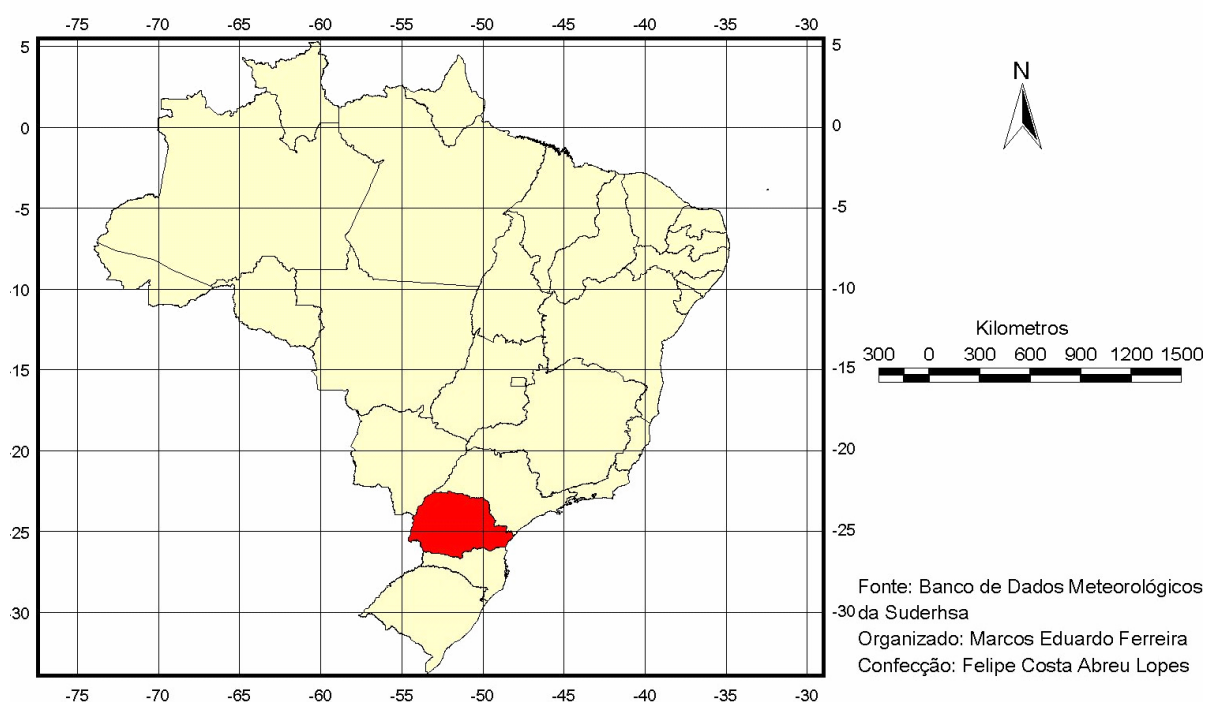


FONTE: IPARDES (1997)

### 3. ASPECTOS CLIMÁTICOS DO PARANÁ

O Estado do Paraná está localizado na região Sul do Brasil entre as latitudes de 22° 29'30" Sul na cachoeira do Saran Grande no rio Paranapanema e 26° 42'59" Sul nas nascentes do rio Jangada, numa extensão superior a 468 km na direção norte sul, e entre as longitudes a oeste de Greenwich de 48° 02'24" na foz do rio Ararapira e 54° 37'38" na foz do Rio Iguaçu, ultrapassando 647 km leste-oeste, figura 12. De acordo com o IBGE (2007) o Paraná apresenta uma área de 199.314,850 km<sup>2</sup>, dividido em 399 municípios e com uma população no ano de 2005 estimada em 10.261.856 habitantes.

FIGURA 12 – LOCALIZAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ

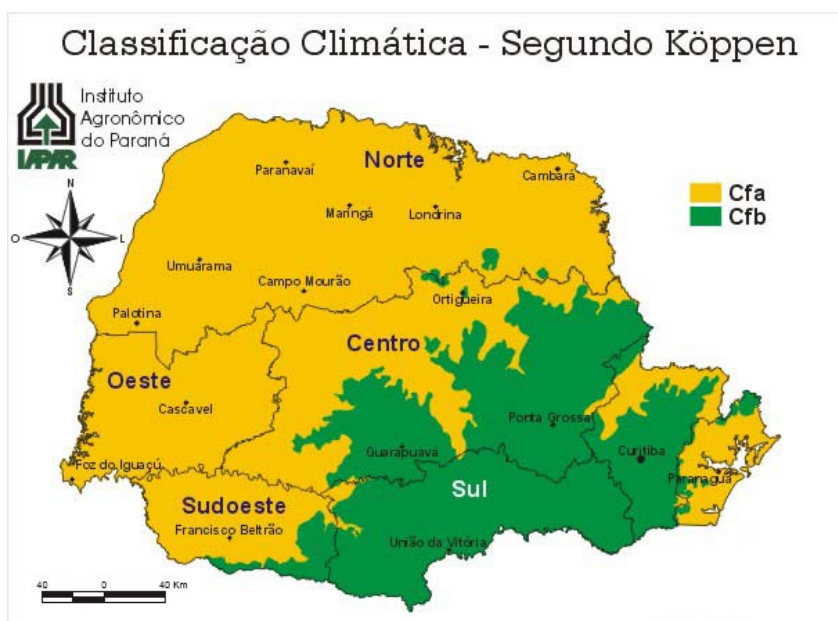


FONTE: AUTOR



Esta é uma região de acordo com Nimer (1979, p. 195) com clima mesotérmico do tipo temperado e apresentando pluviosidade homogênea, e de acordo com Strahler (1992) que utiliza a classificação de Koppen-Geiger, o Paraná apresenta o clima Cfa e Cfb, os quais tendem a ter uma distribuição homogênea de chuvas o ano todo.

FIGURA 13 - CLIMAS DO ESTADO DO PARANÁ CLASSIFICAÇÃO DE KOPPEN



FONTE: IAPAR (2006)

Certos fatores estáticos influenciam o clima: como a posição geográfica e o relevo, juntamente com fatores dinâmicos como os sistemas de circulação atmosféricos. Estes fatores influenciam o Estado do Paraná, pois está localizado em uma área de latitudes subtropicais ou baixas e é banhado pelo oceano Atlântico a leste que fornece umidade, a qual é levada para o interior por meio da advecção do ar. Massas de ar polares vêm do sul frequentemente e influenciam os níveis de umidade do Estado. Ao norte do Paraná passa o Trópico de Capricórnio a  $23^{\circ} 13' 27''$  latitude sul determinando que a maior parte do estado ficará caracterizado com clima subtropical. Nesta localização é mais perceptível as quatro estações do ano, já que nas regiões brasileiras com

menores latitudes a primavera e o outono são menos perceptíveis.

Esta maior facilidade em se perceber as quatro estações deve-se ao fato de que o sol atinge o zênite duas vezes ao ano nas latitudes baixas, mas nas latitudes médias o sol nunca atinge o zênite.

As zonas de médias latitudes não são submetidas a radiações solares muito fortes, mas mesmo assim estas radiações são superiores às verificadas nas latitudes elevadas (NIMER, 1979).

A radiação do sol é um fator importante para a evaporação da água. O Paraná mesmo localizado em uma área subtropical apresenta boa intensidade de radiação solar. Também é vital a quantidade de água disponível para a evaporação, e a proximidade do litoral que influencia neste sentido todo o leste do Brasil, pois o oceano proporciona a umidade necessária para que exista condições na atmosfera para a formação de nuvens que podem se deslocar e gerar chuvas em regiões relativamente próximas do litoral. Uma das características climáticas importantes para o Paraná é o de estar localizado em uma área de transição, sendo que dependendo da época, parte do seu território apresenta períodos de muito calor e em outras épocas manifestam-se episódios com baixas temperaturas, de acordo com a chegada das massas de ar polares. Estas massas frias podem ter grande ou pequena influência na alteração das temperaturas, dependendo da intensidade com que elas chegam e dependendo da estação do ano em que as massas polares atuem. Estas alternâncias de temperaturas também influenciam nas condições de chuvas, que podem ser constantes ou podem desaparecer por um longo período. Em abordagem sobre esta questão, o Cadamori (2006) constata que:

“O Paraná se encontra em uma região de transição climática com acentuada variabilidade na precipitação e temperatura. A ocorrência de períodos secos durante o ano é freqüente e constitui um importante fator de quebra de safras agrícolas. Períodos consecutivos sem chuvas maiores que 5mm de até 103 dias foram observados durante os últimos 45 anos de observações nas estações meteorológicas do IAPAR. Períodos secos com mais de 50 dias de duração ocorrem com uma probabilidade inferior a 20%. A duração média dos períodos secos é maior

no norte e diminui em direção ao sul. Há um predomínio de ocorrência durante o período de outono-inverno e menor no verão. Não se observa uma tendência de aumento ou diminuição desses eventos dentro da série de dados observados.”

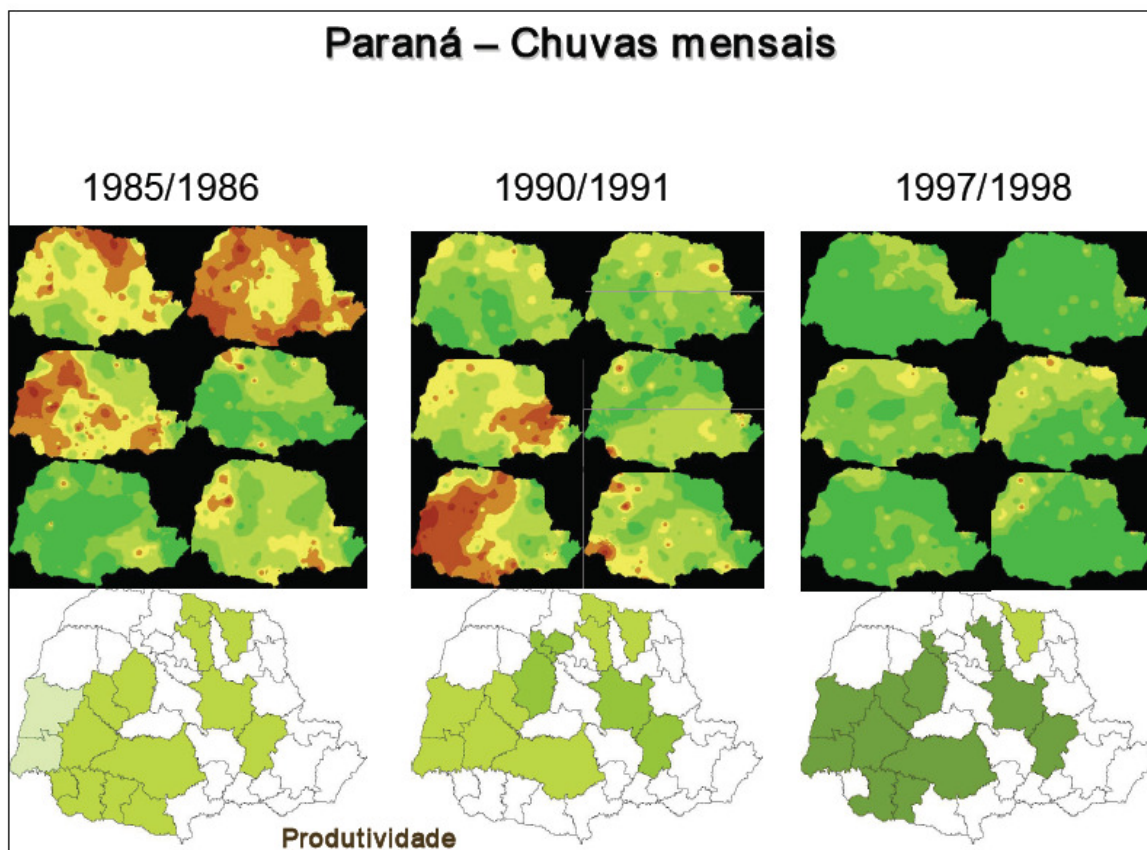
Para Cadamori (2006) as conclusões das pesquisas do IAPAR mostram que ao longo de muitos anos os impactos das secas são maiores devido ao aumento das atividades agrícolas e os efeitos são mais severos devido à mudanças da cobertura vegetal e do teor de matéria orgânica nos solos, o que proporciona a alteração do balanço hídrico. Estes períodos de falta de chuvas influencia significativamente o desenvolvimento de atividades, principalmente o da agricultura. Segundo Almeida (2005, p. 20) quando ocorreram as estiagens no Paraná, de acordo com a figura 14, nos períodos de 1985/86; 1990/91 e 1997/1998 apresentaram redução de produtividade da soja.

As microrregiões de Foz do Iguaçu e Toledo denotam pelo baixo rendimento as consequências de um período mais prolongado de estiagem, pois estão situadas nas áreas onde esse efeito foi mais constante.

Assim pode-se observar que existem impactos importantes na economia do Estado quando ocorre a redução das chuvas, prejudicando assim a produção de diversos produtos inclusive os de grande importância na obtenção de divisas, como é o caso da soja. Quanto maior for o tempo da duração das estiagens maiores serão os prejuízos contabilizados.



FIGURA 14: PARANÁ CHUVAS MENSAIS



FONTE: ALMEIDA (2005)

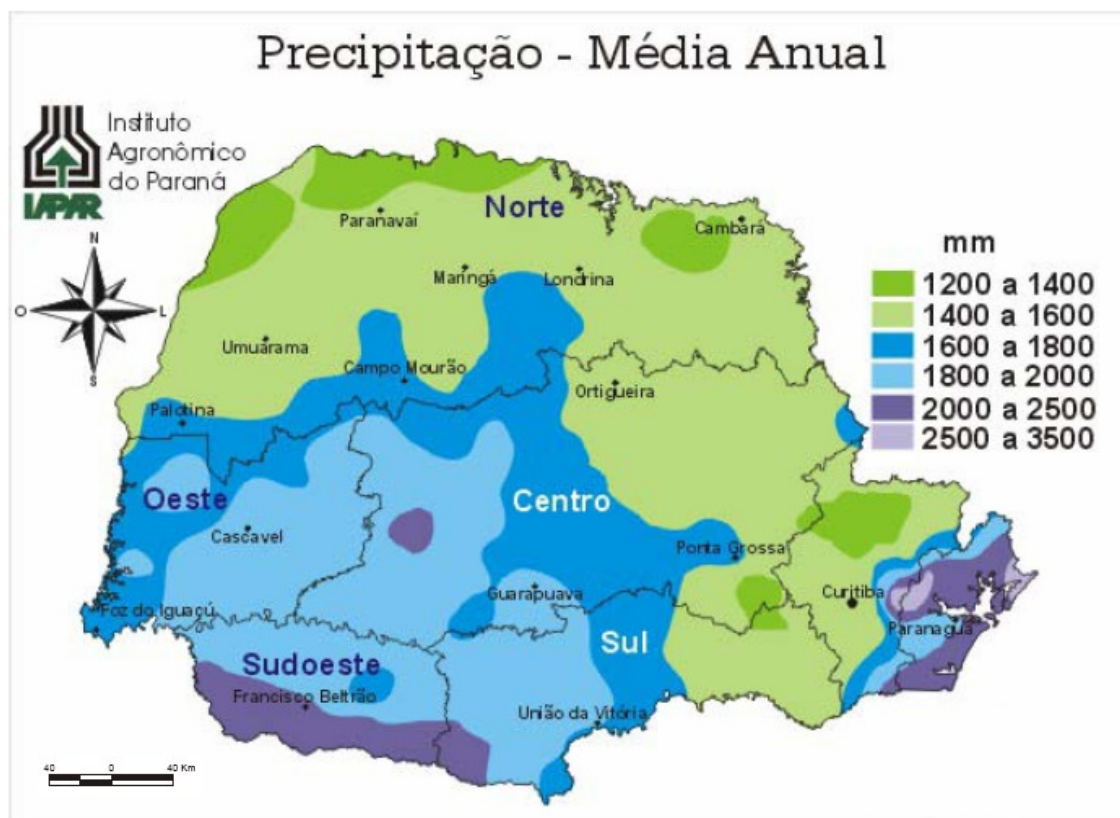
Em outra pesquisa, Nery et al (1996, p. 81) realizou uma caracterização da precipitação no Estado do Paraná com o objetivo de analisar as séries de precipitação pluviométricas e totais mensais no período entre 1958 a 1992. O estudo utilizou dados de estações pluviométricas de trinta e seis postos, buscando definir quais foram os períodos mais chuvosos e os mais secos em cada região do Estado. A pesquisa trabalhou com diversos parâmetros estatísticos como análise de variância, média areal e mensal, coeficiente de variação e a função de correlação linear. Por este motivo definiu-se como sendo uma pesquisa baseada em Análise Multivariada (Cluster). Utilizando-se o Cluster fez-se regionalização

das diversas estruturas de precipitação. Para se entender esta distribuição utilizou-se o método de análise de Fourier.

Para se desenvolver a pesquisa foram utilizados dados que apresentassem no mínimo 30 anos consecutivos e com o mínimo de intervalos e também foi considerada a distribuição espacial dos locais de coleta de dados pluviométricos. As informações obtidas foram homogeneizadas para manter um controle das séries e de totais mensais obtidos do período analisado. O estudo utilizou valores acumulados que possibilitou dar consistência a observação dos dados coletados. Para definir o tipo de regime de chuvas foi utilizado o percentual da contribuição da média do mês em relação a média do ano. Desta forma o estudo definiu cinco áreas para o Paraná e as características das precipitações correspondentes em: Leste; Sudeste; Centro-Oeste e Centro-Sul; Nordeste e Oeste.

A pesquisa teve como conclusão a existência de dois regimes bem definidos para o Estado do Paraná. Nas regiões Leste, Nordeste e Sudeste existe maior quantidade de precipitação durante a estação do verão, e nas regiões Oeste e Central a distribuição é homogênea durante todo o ano. O Noroeste não foi classificado por falta de informações. Este estudo de Nery et al (1996) apresenta informações sobre a dinâmica das chuvas e faz uma regionalização especificando onde existe maior ou menor precipitação de acordo com o período analisado. Outro trabalho de pesquisa feito com o propósito de mostrar as distribuições pluviométricas foi realizada e divulgado pelo IAPAR (2006), que utilizou as médias de chuvas anuais do Paraná. O mapa que resultou desta análise está representado na figura 15. Percebe-se que ao norte do estado as médias pluviométricas seriam menores e à medida que desloca-se para o sul, estas médias vão aumentando, sendo que os maiores índices estão nas áreas litorâneas.

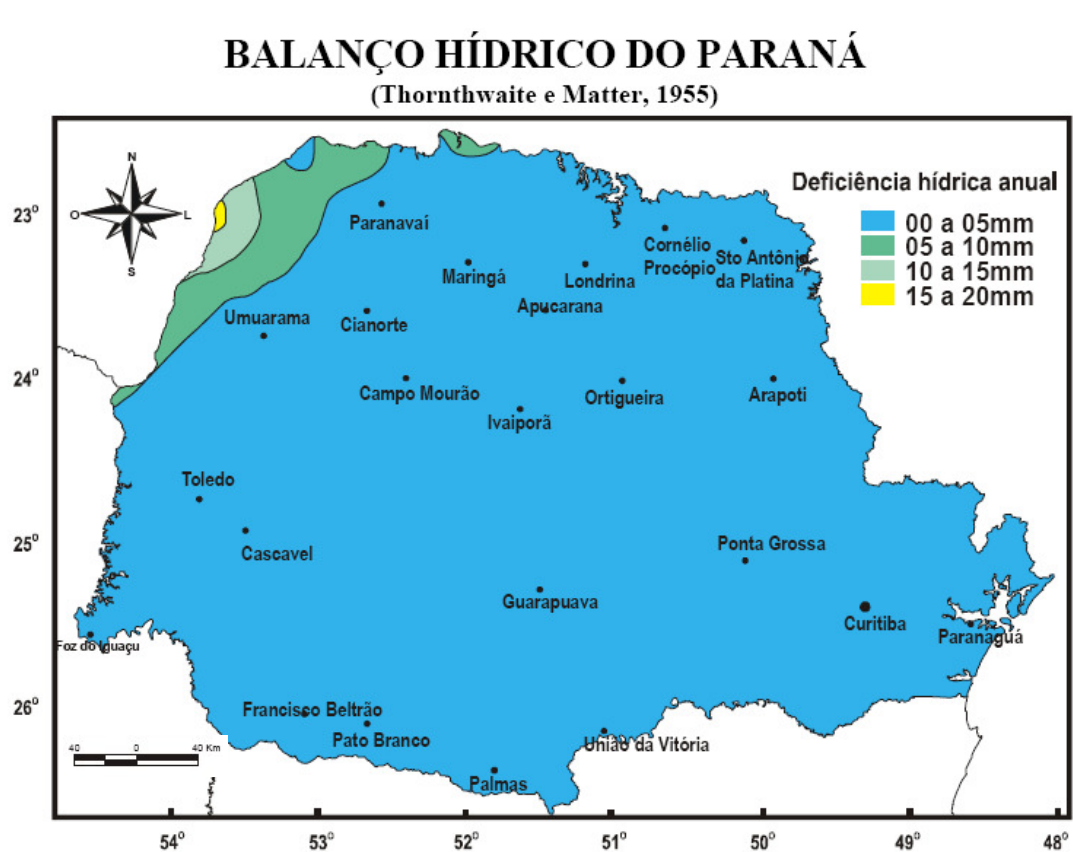
FIGURA 15: PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL DO PARANÁ



FONTE: IAPAR (2006)

O balanço hídrico é um índice importante para a agricultura e mostra a quantidade de umidade disponível para o bom desenvolvimento das culturas agrícolas. A análise da deficiência hídrica anual entre 0 a 15 mm é mostrado no mapa representado na figura 16, destacando a maior parte do Estado do Paraná entre 00 mm a 05 mm, e uma parte muito pequena a noroeste registrando entre 15mm a 20 mm.

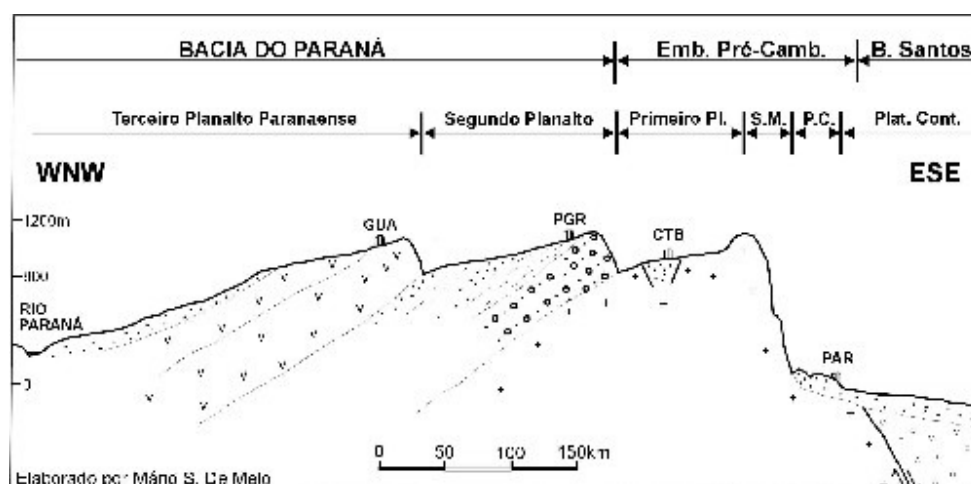
FIGURA 16: BALANÇO HÍDRICO DO PARANÁ



Fonte: IAPAR (2006)

O relevo da região sul apresenta uma área de serras ao longo do litoral e planaltos no interior. De acordo com (Maack 2002, p.111) o relevo do Paraná divide-se nas seguintes grandes regiões de paisagens naturais: Zona Litorânea, Serra do Mar, Primeiro Planalto ou Planalto de Curitiba, Segundo Planalto ou Planalto de Ponta Grossa e Terceiro Planalto ou Planalto de Trapp do Paraná ou de Guarapuava. As altitudes no Paraná apresentam variações bastante significativas do litoral para o interior do estado, e mesmo entre os planaltos. Temos altitudes de 0 a 200 metros na faixa litorânea e altitudes de até 1992 metros na Serra do Mar que fica na divisão da região litorânea com o Primeiro Planalto. Na área do Planalto de Curitiba, ou primeiro planalto, as altitudes são em média de 800 metros. As altitudes continuam elevadas no segundo planalto, mas no Terceiro Planalto ocorre uma redução, sendo que na fronteira com a Argentina e Paraguai registram-se altitudes em torno de 300 metros. Estes pontos onde o desnível é acentuado como a Serra do Mar, são áreas onde ocorrem bloqueio parcial das massas de ar, afetando na incidência de precipitação pluviométrica e nas temperaturas locais.

FIGURA 16: DIVISÃO DO RELEVO DO ESTADO DO PARANÁ

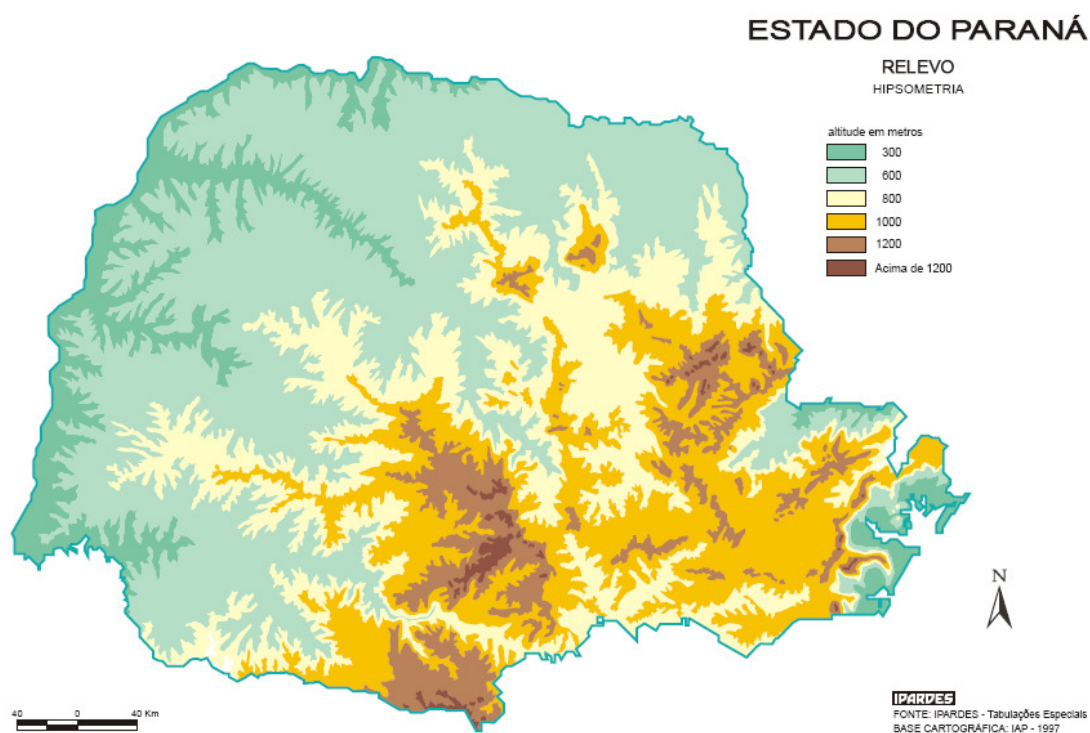


FONTE:

DICIONÁRIO DOS CAMPOS GERAIS (2007)

Outra forma de perceber as alterações no relevo do Paraná é através de uma análise na hipsometria do Estado. As maiores altitudes são marcadas pela escarpa da Serra no Mar e a oeste percebe-se um longo corredor com altitudes de até 300 metros, que possibilita a existência de relevo côncavo para as massas de ar se deslocarem tanto do sul para o norte como do norte para o sul.

FIGURA 18: HIPSOMETRIA DO ESTADO DO PARANÁ.

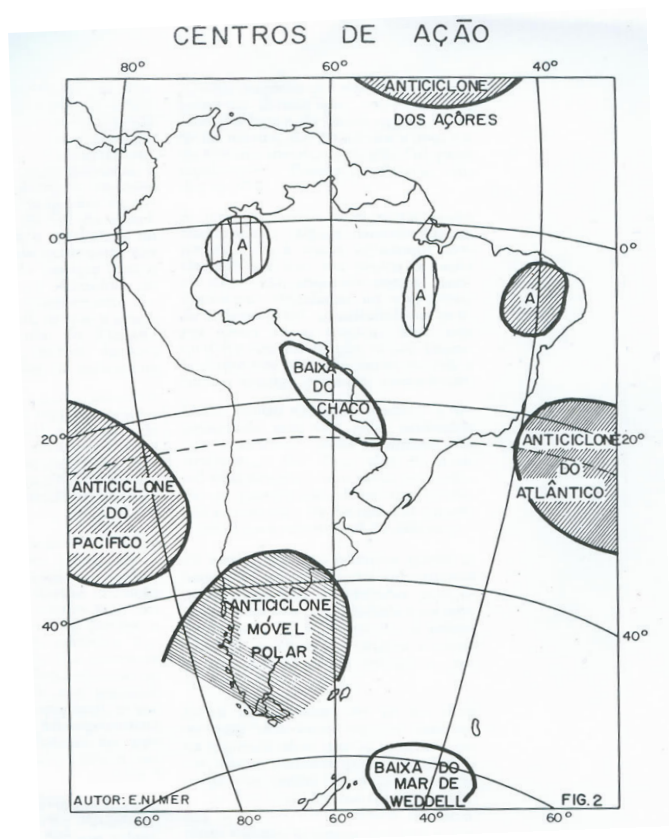


FONTE: IPARDES (1997)

### 3.1 OS SISTEMAS DE CIRCULAÇÃO DE AR DA REGIÃO SUL

O Paraná é influenciado pelas principais massas de ar que circulam no Brasil, recebe ar quente e frio de acordo com a época do ano e a intensidade das massas também é variável. Essas massas de ar alteram significativamente as condições de tempos climáticos, pois associando-se ao relevo da região as temperaturas podem mudar drasticamente, bem como a quantidade da precipitação pluviométrica. As massas de ar se deslocam através de corredores naturais formados pela diferença de relevo principalmente a oeste, ou sofrem alterações abruptas na alteração rápida de altitude entre o litoral e o Primeiro Planalto ou em outros pontos de elevação brusca das altitudes. De acordo com a figura 19 pode-se localizar os centros de ação das Massas de Ar da América do Sul.

FIGURA 19: CENTROS DE AÇÃO DE MASSAS DE AR NA AMÉRICA DO SUL



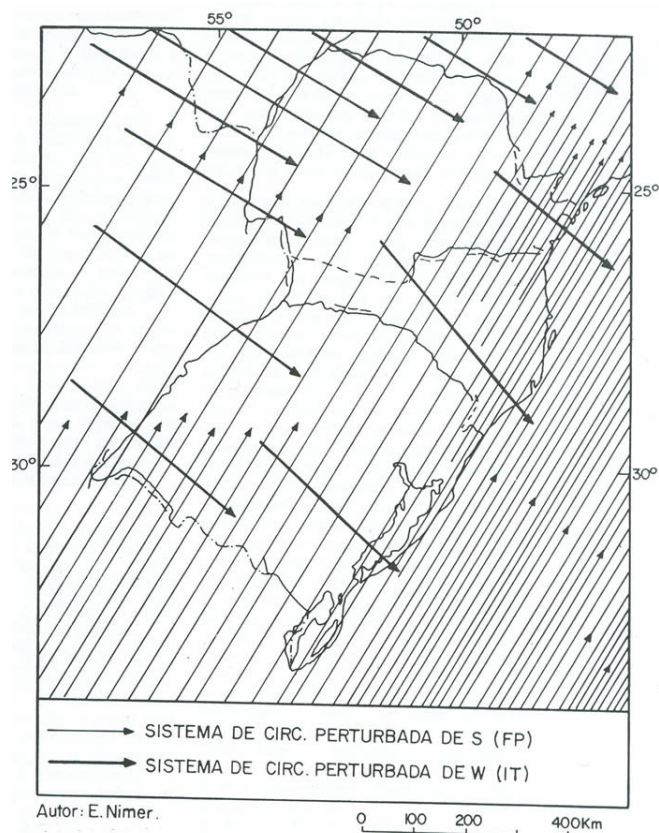
FONTE: NIMER (1979)



Na altura do trópico de Capricórnio existem duas áreas de alta pressão semi permanente ou semi fixo, a alta do Pacífico e a alta do Atlântico. Estas áreas influenciam os mecanismos de ventos, pois são dois centros de divergência atmosférica que constituem as fontes das principais massas de ar tropical marítimas. Estas duas áreas de alta pressão também influenciam de forma decisiva nas alterações do tempo no Paraná. Se do lado oeste o anticiclone do Pacífico é barrado pela cordilheira dos Andes, pelo leste o anticiclone do Atlântico avança sem nenhum obstáculo importante para o interior do Paraná. Durante o ano todo sopram ventos de sudeste e nordeste oriundos das altas pressões subtropicais do anticiclone semi fixo do Atlântico. Além do anticiclone subtropical do Atlântico Sul existem outros anticiclones vindos das altas latitudes como os sistemas de circulação perturbada do sul que participam diretamente do quadro de circulação atmosférica da região sul e desta forma sobre o Paraná (Nimer, 1979). Os sistemas de circulação perturbada do Sul vêm da Antártida e baixam as temperaturas com frequência. Os sistemas de circulação perturbada de Oeste vem do pacífico como pode-se observar na figura 20.



FIGURA 20 - SISTEMAS DE CIRCULAÇÃO TÉRMICA PERTURBADA NA REGIÃO SUL



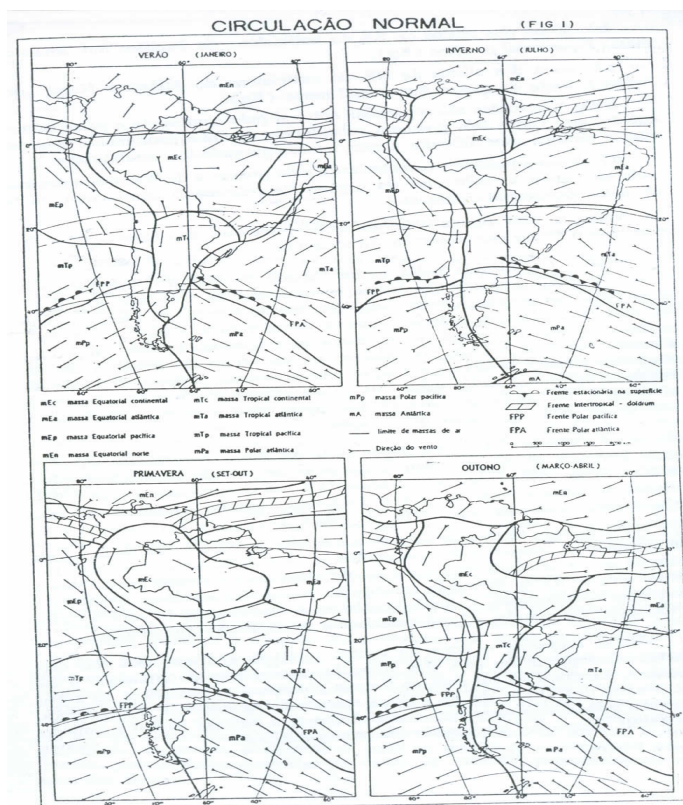
FONTE: (NIMER, 1979).

As Correntes Perturbadas do Sul são invasões de anticiclones polares com descontinuidade frontal sendo que a fonte destes anticlones é uma região que apresenta gelo sobre o continente e em banquisas fixas. Desta região partem periodicamente massas de ar frias que invadem o continente sul americano, principalmente durante o inverno, com ventos de oeste e sudoeste nas altas latitudes mas assumindo a direção sul a sudeste próximos ao Trópico de Capricórnio na altura do Paraná.

Na sua área de origem os anticiclones polares possuem subsidência e forte inversão de temperatura e o ar é muito seco, frio e estável. Durante a sua passagem pelo Atlântico em direção ao continente americano estas massas de ar absorvem umidade e temperatura até chegarem à região do equador onde se dissipam. No inverno a alta polar percorre freqüentemente a região entre a alta do Pacífico e a Cordilheira dos Andes. Essa frente desloca-se da região subpolar

em sentido NNW – SSE. Com esse direcionamento ela transpõe os Andes e sofre frontólise em contato com a convergência da baixa continental. Nessas circunstâncias ocorre pouca precipitação, pois o ar quente da massa tropical marítima em ascensão dinâmica sobre a rampa frontal da frente polar possui pouca umidade específica por ser inverno. Outro fator é que o anticiclone polar que percorre nesta rota, por estar passando pelo continente, possui pouca umidade para produzir precipitação. Por este motivo é que as estações de outono e inverno no Paraná tendem a ser períodos de estiagens. Observa-se na figura 21 a Circulação de Massas de Ar na América do Sul.

FIGURA 21: CIRCULAÇÃO DE MASSAS DE AR NA AMÉRICA DO SUL



FONTE: NIMER (1979 )

No verão a rota seguida pela maior parte das massas polares representadas pelo anticiclone polar passam pelo oceano obtendo maior quantidade de umidade até chegar ao continente sul-americano, o que traz

maiores quantidades de chuvas para o sul do Brasil. A movimentação destas correntes perturbadoras não atinge de forma igual a Região Sul, pois enquanto o Paraná é freqüentemente atingido por elas, no Rio Grande do Sul estas invasões quase não acontecem. Esse fator leva a existência de dois tipos de regimes de chuvas na Região Sul. Além das correntes perturbadoras existe um centro negativo no interior da América do Sul que é a região do Chaco, conhecida como a baixa do Chaco, baixa continental ou baixa do interior. Esta baixa é extremamente dinâmica deslocando-se da região Peru-Acre-Rondônia durante os meses de inverno e nos meses de verão desloca-se para a região do Chaco argentino. A vortacidade ciclônica destes ventos proporcionando geralmente bom tempo devido a origem continental e abaixo destas baixas, existe quase sempre, uma célula anticiclônica que impede a ascendência de correntes convectivas a níveis superiores. Esta baixa intera-se com a frente polar e faz alterações no tempo climático de todo o país. Para o Paraná e sul do Brasil a importância é somente quando os verões apresentam poucas chuvas ou verão “seco”. Um dos principais aspectos pluviométricos tradicionais da Região Sul seria a homogeneidade na distribuição espacial de chuvas. Comparada a outras partes do mundo com as mesmas características, o Sul do Brasil apresenta uma pluviosidade mais uniforme. Ao longo da Região Sul as médias pluviométricas ficam entre 1250 a 2000 mm, e o Paraná apresenta médias pluviométricas em torno de 1600 mm anuais segundo MAACK (2002).

Esta uniformidade das precipitações ocorre de acordo com alguns aspectos dinâmicos e estáticos. Os sistemas de circulação causadores de chuva atuam em ciclos anuais de forma semelhante. No oeste do Paraná o decréscimo de freqüência de correntes perturbadas do sul da frente polar é recompensada em parte, pelas invasões das correntes perturbadas de oeste no verão (NIMER, 1977).

O comportamento climático da Região Sul de acordo com Monteiro (1969) é caracterizado pelo clima tropical e subtropical que apresentam uma pluviosidade elevada e bem distribuída ao longo do ano. Além disso tem-se registros de anomalias nestas precipitações sendo que ocorrem episódios onde a

distribuição temporal das chuvas apresentou elevados índices pluviométricos causando inundações em determinadas regiões, bem como outros anos registraram-se precipitações pluviométricas insuficientes ocasionando intensas estiagens, assim mesmo que tradicionalmente o comportamento normal esperado para o Paraná é de chuvas bem distribuídas o ano todo, tem-se nas ultimas décadas registros de anomalias significativas neste tipo de distribuição homogêneo.

De acordo com estudos sobre o clima da Região Sul feitos por Monteiro (1969, p. 52):

É verdadeiro o fato de que os períodos de grande atividade polar implicam em maiores resultados pluviais e que o enfraquecimento daquele sistema de circulação coincide com a redução das chuvas. Mas é imprescindível que esta atividade polar seja compreendida no seu confronto com os sistemas intertropicais, com os quais se alteram e se conflitam; o choque frontal é o mecanismo regulador do ritmo e de sua atuação advém a pluviosidade.

Outros fatores influenciam a ausência ou a formação de chuvas relacionadas às massas de ar polares como o grau de propagação latitudinal, as diferenças de canalização da massa fria pelas rotas do interior do estado ou do litoral que influenciam a formação de ondulações ou ciclogeneses ao longo do eixo da frente polar em deslocamento, e isto influencia as temperaturas e a formação intensa de chuvas.

De acordo com Nimer (1979) o relevo regional com formas simples, sem grandes elevações como a Cordilheira dos Andes a oeste da América do sul, não interfere de forma muito significativa na pluviometria local. Apenas nas áreas de formações serranas, como o da Serra do Mar, aumentam a pluviosidade para 2000 mm com a passagem das frentes polares. Ao norte do Paraná ocorre a redução das precipitações provocadas pelas correntes perturbadas do sul, ficando abaixo de 1250 mm anuais.

A vantagem do sistema de chuvas no sul do Brasil e no Paraná, não é

apenas a sua quantidade, mas o fato desta chuva ser bem distribuída durante todo o ano, de acordo com as médias históricas. Como o Paraná esta em sua maior parte em uma região de clima subtropical com uma distribuição eqüitativa durante os doze meses do ano, é muito difícil climatologicamente prever a época ou trimestre do ano em que as máximas ou as mínimas concentrações irão acontecer. Isto está relacionado ao fato das chuvas dependerem mais do grau de intensidade proporcionados pelas correntes perturbadas do sul do que da freqüência de invasões de tais correntes. A intensidade das precipitações dependem da estrutura da frente polar, do índice de umidade absoluta contida na massa de ar tropical no momento que precede a chegada dessa descontinuidade e da velocidade da frente. Por isso, tanto o mínimo como o máximo de chuvas podem ocorrer em qualquer estação do ano.

Não se pode prever como será exatamente o comportamento da pluviosidade no Paraná, mas devido a análises anteriores pode-se fazer uma tendência de comportamento. Como o Paraná fica mais próximo da região tropical apresenta um ritmo climático semelhante ao tropical, diferente do que acontece com o sul do Rio Grande do Sul. Desta forma geralmente o máximo pluviométrico acontece durante os meses de verão e o mínimo ocorre no final do outono ou durante o inverno. O trimestre mais chuvoso é em geral novembro, dezembro, janeiro na metade oeste do Paraná e dezembro, janeiro e fevereiro no lado leste. Os três meses mais secos ficam nos meses de inverno e em segundo lugar nos meses de outono. As máximas de verão dependem da quantidade de frentes polares que passarem pelo Paraná, da freqüência de massas semi-estacionárias sobre o estado paranaense, e por chuvas de convergência devido às correntes perturbadas do oeste materializadas pelas chuvas de verão, comuns nesta época do ano.

Historicamente devido ao comportamento das precipitações no estado do Paraná e da Região Sul, poderia se dizer que não existe uma estação com problemas de pluviosidade crônicos. No Paraná a incidência de um período prolongado sem chuvas durante o ano ocorre no noroeste em uma área de 7,51% do estado. A falta de precipitação nesta área ocorre durante 30 a 60 dias e

acontece no período de inverno. Há, portanto uma certa semelhança de características com o clima semi-úmido do Brasil Central.

Os três meses menos chuvosos no estado do Paraná dependem de cada área do estado.

Ainda de acordo com Nimer (1979, p. 219) pode-se observar na tabela 05 um estudo sobre a distribuição em porcentagem das áreas onde ocorrem secas e subsecas no Paraná.

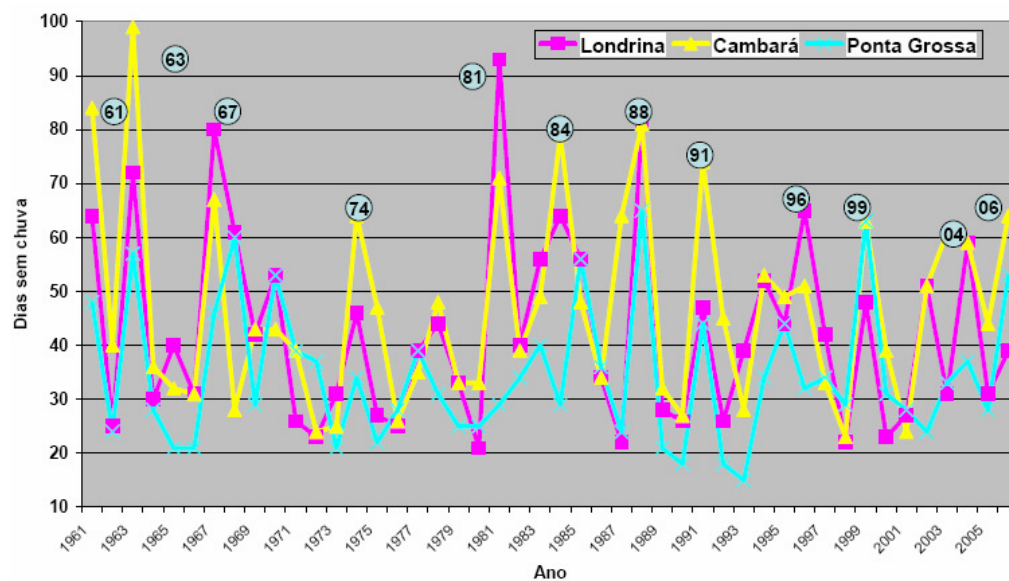
TABELA 05 - DISTRIBUIÇÃO EM PORCENTAGEM DAS ÁREAS ONDE OCORREM SECAS E SUBSECAS NO PARANÁ

Paraná	Área com 1 mês seco	Área com ocorrência de Subseca	Área sem seca	Total
	<b>7,51</b>	<b>24,87</b>	<b>67,62</b>	<b>100,00</b>

FONTE: NIMER (1979)

Mais recentemente, segundo com Caramori (2006), um estudo do IAPAR mostra dados relacionados com a falta de chuvas e os dias consecutivos sem precipitação ao longo das últimas décadas para alguns municípios do Paraná. Estas informações podem ser observadas no gráfico 01 onde se percebe períodos de falta de chuvas em Londrina, Cambará e Ponta Grossa. Vê-se que Londrina registrou até 81 dias sem chuvas, Cambará 91 e Ponta Grossa até 99 dias.

GRÁFICO 01: MAIOR PERÍODO SECO POR ANO NO PARANÁ PARA OS MUNICÍPIOS DE LONDRINA, CAMBARÁ E PONTA GROSSA



Fonte: Caramori (2006).

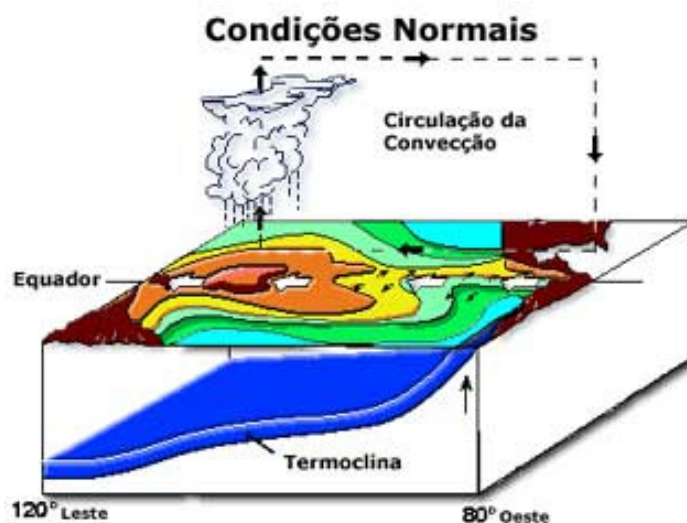
### 3.2 EL NIÑO E O ANTI-EL NIÑO

O El Niño é um fenômeno atmosférico relacionado com as oscilações irregulares de temperatura nas águas do Oceano Pacífico. Estas alterações geram modificações nas quantidades de umidade da atmosfera que podem ocasionar o aumento ou a diminuição das chuvas em diversas partes do mundo. Segundo Grimm (1997) “trata-se de um aquecimento pronunciado das águas superficiais do Oceano Pacífico tropical, nas regiões leste e central deste oceano, que ocorre aproximadamente a cada 3 a 6 anos”. O El Niño propicia o aumento da quantidade de chuvas para o território paranaense e quando ocorre o fenômeno oposto, o Anti-El Niño, a consequência é a formação de massa de ar secas que se deslocam para o Paraná e influenciam na redução das chuvas no Estado.

Inicialmente este fenômeno era vinculado somente a uma corrente marítima quente ao longo da costa do Equador e do Peru que se deslocava eventualmente para o sul. Essa corrente manifestava-se próximo à época da comemoração cristã do natal, e por esse motivo o fenômeno foi relacionado com o nascimento de Jesus Cristo, sendo denominado de Pequenino ou El Niño em espanhol. Há poucas décadas o El Niño foi correlacionado com eventos mais extensos e mais abrangentes que influenciam o planeta todo, aumentando assim a sua importância. Diaz (1992) explica os processos de formação do fenômeno e de como o El Niño influencia o planeta. De maneira mais sistemática, de acordo com o CEPETEC (2006), em condições normais as diferenças de temperatura entre o Pacífico Leste e Pacífico Oeste são grandes, como visto na figura 22. Considerando-se a linha do Equador, junto à Indonésia as temperaturas das águas do oceano são as mais elevadas do mundo, em torno de 29°C, mas as águas no outro extremo, junto à América do Sul, as temperaturas são inferiores a 20°C.



FIGURA 22: CONDIÇÕES NORMAIS

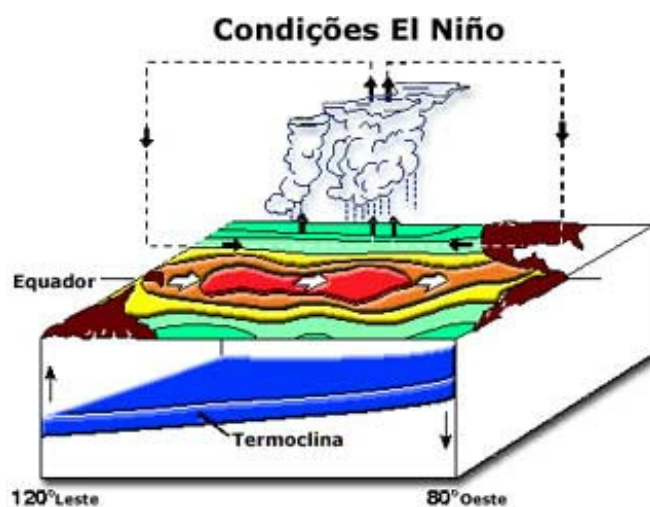


FONTE: CEPETEC (2006)

Em condições normais as águas do Pacífico na sua porção central e leste são mais frias do que a oeste do Pacífico. As alterações de temperaturas entre o Oceano Pacífico tropical e as oscilações dependem de uma forte conexão entre a atmosfera e o oceano. Normalmente os ventos alísios que vêm do leste levam as águas superficiais quentes em direção oeste que têm as temperaturas mais elevadas. Isto faz com que ocorra um acúmulo de águas quentes no Pacífico Oeste além de elevar a altura em 60 cm. Com isto as águas frias mais profundas sobem à superfície a leste, próximo à América do Sul. Nas áreas mais quentes a 28°C ocorre grande formação de nuvens. Nestas condições normais chove mais na porção Oeste e menos na porção do Pacífico Leste.

Quando as águas do Pacífico Leste e Central aumentam de temperatura e diminuindo a diferença entre as temperaturas dos extremos leste e oeste e do Pacífico e central, é quanto está acontecendo o fenômeno do El Niño, figura 23.

FIGURA 23: CONDIÇÕES DE EL NIÑO

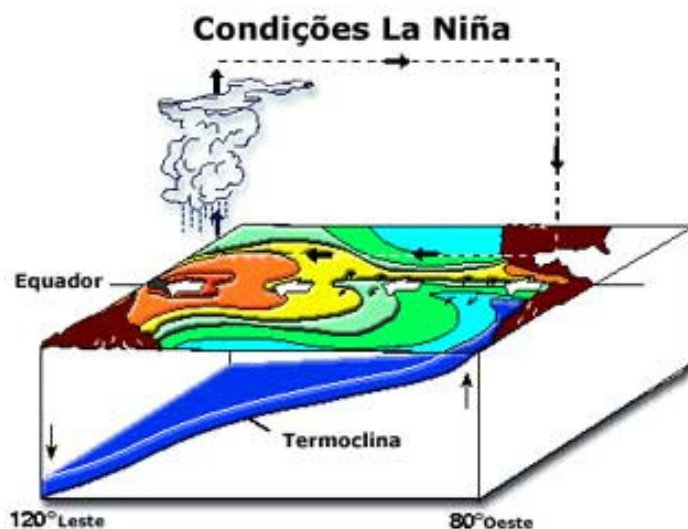


FONTE: CEPETEC (2006)

Quando se manifesta o El Niño, as águas começam a se aquecer geralmente no outono sendo que este processo leva por volta de 12 meses em média. Todavia, a duração e a intensidade dos efeitos causados são diferentes a cada episódio. Quando os ventos alísios de leste ficam mais fracos e perdem sua força para levar as águas quentes, para a direção oeste começa a ocorrer um aquecimento da parte Central do Pacífico na linha do Equador. Caso os ventos a leste tornam-se fracos demais eles podem mudar de direção e seguem em sentido leste, tornando desta forma as águas do Pacífico Leste mais quentes e fazendo com que ocorra maior evaporação e conseqüentemente mais chuvas na porção Leste.

Quando ocorre novamente um resfriamento no Pacífico Central e Leste aumentado a diferença de temperaturas entre os dois extremos ocorre o fenômeno do Anti-El Niño ou La Nina, figura 24.

FIGURA 24 – CONDIÇÕES LA NIÑA OU ANTI-EL NIÑO



FONTE:CEPETEC

Quando o ar quente sobe na porção oeste quente, a tendência é deslocar-se para o Pacífico Leste, onde vai descer, mas não vai formar nuvens de chuvas, o que ocasiona um período de secas e estiagens. Desta forma podemos dizer que em condições normais e em condições de Anti-El Niño não chove na porção do Pacífico Leste. Este fenômeno passa a proporcionar condições para que ocorram estiagens e secas em várias regiões do mundo, trazendo conseqüências negativas para todas as atividades humanas e mesmo para a vida selvagem. A intensidade da falta de chuvas é variável em cada ocorrência do Anti-El Niño.

O fenômeno do El Niño afeta regiões mais distantes como o Sul do Brasil, pois ele gera intensas fontes de calor na atmosfera em locais onde normalmente estas fontes de energia não estariam, e em seguida esta energia é dispersada em formas de onda. Para Grimm (1996) há um período comum de anomalias negativas consistentes na primavera quando ocorrem eventos de Anti-El Niño em toda a região Sul do Brasil.

### 3.2 OS ASPECTOS PLUVIOMÉTRICOS DO PARANÁ

Adotou-se para a presente pesquisa, como referência geográfica, a classificação de Mesorregiões do IBGE que divide o estado do Paraná em 10 mesorregiões como mostra a figura 25, desta forma citaremos a localização dos municípios de acordo com as mesorregiões onde esses se situam.

FIGURA 25: MESORREGIÕES DO ESTADO DO PARANÁ



FONTE: IBGE (2006)



rtir da elaboração dos mapas pode-se montar tabelas para auxiliar a interpretação dos dados obtidos sobre a incidência das estiagens neste e nos demais mapas trabalhados a seguir.

#### **4. AMOSTRAGEM DA VARIABILIDADE ANUAL DAS CHUVAS DO PARANÁ**

De acordo com estudo realizado por Nery et al (1996) chegou-se às seguintes conclusões:

A precipitação no Estado do Paraná, está caracterizada por dois regimes muito bem marcados. Nas regiões nordeste, leste e sudeste, há uma estrutura de máximos no verão, ocorrendo as médias mais elevadas em janeiro, sendo que pode-se dividir o regime destas regiões em dois sub regimes, com maior precipitação na região leste e menor nas regiões nordeste e sudeste.

As chuvas no Paraná se distribuem por todos os meses e estações do ano, dessa forma é comum se esperar umidade suficiente para diferentes tipos de culturas agrícolas durante todas as estações do ano. Ficou bem definido que durante os meses de verão a pluviosidade é maior com muitas chuvas de verão, podendo surgir tempestades violentas com elevada precipitação de chuvas e comumente de granizo, além de fortes ventos, nos dias mais quentes. O inverno tende a ser mais seco, principalmente nas épocas de geadas quando o céu amanhece limpo e com uma tonalidade muito azul. As quantidades de precipitação dependem também das regiões do Estado, pois estas precipitações estão interligadas com as características físicas e climáticas regional.

## **5. ESTIAGENS NO PARANÁ PARA 1971 A 2004**

### **Análise dos totais de estiagens no período de 1971 a 2004.**

Os dados obtidos nas estações pluviométricas foram tratados e organizados de maneira a ser possível a aplicação do método de Robertson. A finalidade foi a de criar médias pluviométricas para a elaboração de tabelas e mapas temáticos adequados. Desta forma as tabelas 06 e 07 mostram os nomes de todos os municípios utilizados em ordem alfabética, com a sua coordenada geográfica e o número da estação pluviométrica, de acordo com os dados fornecidos pela Suderhsa. Além disso, a tabela divide os trinta e quatro anos em períodos de tempo por décadas de 1970, 1980, 1990 e o início da década de 2000 com quatro anos. Assim cada estação pluviométrica forneceu os dados do total de estiagens por cada década ou período, o número de anos de coleta de dados e a média de estiagens com relação ao número total de anos pesquisados, naquele segmento de tempo.

TABELA 06 - TABELA GERAL DE DADOS DOS MUNICÍPIOS SELECIONADOS

			DÉCADA DE 1970				DÉCADA DE 1980				DÉCADA DE 1990				DÉCADA DE 2000				TOTAL GERAL			
	COORDENADA	CÓDIGO	MUNICÍPIO	PERÍODO	TOTAL DE ESTAGENS	ANOS	MÉDIA	PERÍODO	TOTAL DE ESTAGENS	ANOS	MÉDIA	PERÍODO	TOTAL DE ESTAGENS	ANOS	MÉDIA	PERÍODO	TOTAL DE ESTAGENS	ANOS		TOTAL DE ANOS	TOTAL GERAL DE ESTAGENS	MÉDIA ESTAGENS GERAL
1	2352	51	Amaporã	76-80	2	5	0,40	81-90	3	10	0,30	91-00	4	10	0,40	2001-04	2	4	0,50	29	11	0,38
2	2450	48	Arapoti	76-80	0	5	0,00	81-90	1	10	0,10	91-00	4	10	0,40	2001-04	1	4	0,25	29	6	0,21
3	2453	30	Assiz Chateaubriant	76-80	2	5	0,40	81-90	2	10	0,20	91-00	4	10	0,40	2001-04	1	4	0,25	28	9	0,32
4	2449	51	Bocaiuva do Sul	75-80	5	6	0,83	81-90	2	10	0,20	91-00	1	10	0,10	2001-04	1	4	0,25	30	9	0,30
5	2351	4	Bom Sucesso	76-80	1	5	0,20	81-90	2	10	0,20	91-00	0	10	0,00	2001-04	1	4	0,25	29	4	0,14
6	2351	20	Borrazópolis	76-80	2	5	0,40	81-90	3	10	0,30	91-00	2	10	0,20	2001-04	1	4	0,25	29	8	0,28
7	2351	31	Cambé	75-80	1	6	0,17	81-90	3	10	0,30	91-00	2	10	0,20	2001-04	1	4	0,25	30	7	0,23
8	2548	36	Campina Grande do Sul	75-80	3	6	0,50	81-90	0	10	0,00	91-00	3	10	0,30	2001-04	1	4	0,25	30	7	0,23
9	2549	19	Campo Largo	71-80	5	10	0,50	81-91	5	10	0,50	91-00	4	10	0,40	2001-04	3	4	0,75	34	17	0,50
10	2452	4	Campo Mourão	74-80	2	7	0,29	81-90	5	10	0,50	91-00	3	10	0,30	2001-03	2	3	0,67	30	12	0,40
11	2451	103	Candido de Abreu	71-80	1	10	0,10	81-90	2	10	0,20	91-00	3	10	0,30	2001-04	2	4	0,50	34	8	0,24
12	2552	14	Cantagalo	76-80	2	5	0,40	81-90	3	10	0,30	91-00	3	10	0,30	2001-02	1	2	0,50	27	9	0,33
13	2553	16	Cascavel	72-80	4	9	0,44	81-90	5	10	0,50	91-00	6	10	0,60	2001-06	1	6	0,17	35	16	0,46
14	2449	26	Castro	76-80	2	5	0,40	81-90	4	10	0,40	91-00	3	10	0,30	2001-04	3	4	0,75	29	12	0,41
15	2251	69	Centenário do Sul	75-80	2	6	0,33	81-90	3	10	0,30	91-00	3	10	0,30	2001-04	0	4	0,00	30	8	0,27
16	2449	8	Cerro Azul	71-80	0	10	0,00	81-90	3	10	0,30	91-00	4	10	0,40	2001-04	2	4	0,50	34	9	0,26
17	2553	9	Céu Azul	71-80	4	10	0,40	81-90	2	10	0,20	91-00	5	10	0,50	2001-05	1	5	0,20	35	12	0,34
18	2652	3	Clelândia	73-80	4	8	0,50	81-90	2	10	0,20	91-00	5	10	0,50	2001-04	2	4	0,50	32	13	0,41
19	2251	33	Colorado	76-80	1	5	0,20	81-90	3	10	0,30	91-00	5	10	0,50	2001-04	1	4	0,25	29	10	0,34
20	2549	40	Contenda	71-80	1	10	0,10	81-90	2	10	0,20	91-00	3	10	0,30	2001-04	1	4	0,25	34	7	0,21
21	2350	27	Cornélio Procopio	76-80	3	5	0,60	81-90	5	10	0,50	91-98	5	8	0,63	2001-04	2	4	0,50	29	15	0,52
22	2651	5	Cruz Machado	71-80	4	10	0,40	81-90	1	10	0,10	91-00	5	10	0,50	2001-04	1	4	0,25	34	11	0,32
23	2353	4	Cruzeiro do Oeste	71-80	3	10	0,30	81-90	5	10	0,50	91-00	1	10	0,10	2001-04	1	4	0,25	34	10	0,29
24	2549	6	Curitiba	71-80	4	10	0,40	81-90	2	10	0,20	91-00	4	10	0,40	2001-04	2	4	0,50	34	12	0,35
25	2454	18	Diamante do Oeste	76-80	1	5	0,20	81-90	2	10	0,20	91-00	6	10	0,60	2001-04	0	4	0,00	29	9	0,31
26	2353	33	Douradina	76-80	2	5	0,40	81-90	2	10	0,20	91-00	0	10	0,00	2001-04	0	4	0,00	29	4	0,14
27	2449	7	Dr. Ulisses	71-80	3	10	0,30	81-90	4	10	0,40	91-00	2	10	0,20	2001-05	1	5	0,20	35	10	0,29
28	2452	29	Farol	75-80	2	6	0,33	81-90	6	10	0,60	91-00	4	10	0,40	2001-04	0	4	0,00	30	12	0,40
29	2351	22	Faxinal	75-80	1	6	0,17	81-90	3	10	0,30	91-00	5	10	0,50	2001-04	1	4	0,25	30	10	0,33
30	2453	52	Francisco Alves	77-80	3	4	0,75	81-90	2	10	0,20	91-00	4	10	0,40	2001-04	1	4	0,25	28	10	0,36
31	2651	3	General Carneiro	71-80	3	10	0,30	81-90	5	10	0,50	91-00	5	10	0,50	2001-04	2	4	0,50	34	15	0,44
32	2551	31	Goioxim	76-80	0	5	0,00	81-90	5	10	0,50	91-00	4	10	0,40	2001-04	1	4	0,25	29	10	0,34
33	2451	103	Grandes Rios	76-80	1	5	0,20	81-90	4	10	0,40	91-00	5	10	0,50	2001-04	2	4	0,50	29	12	0,41
34	2454	1	Guaira	71-80	4	10	0,40	81-90	4	10	0,40	91-00	5	10	0,50	2001-04	1	4	0,25	34	14	0,41
35	2252	25	Guairaça	76-80	3	5	0,60	81-90	4	10	0,40	91-00	3	10	0,30	2001-04	2	4	0,50	29	12	0,41
36	2552	6	Guaraniçã	71-80	4	10	0,40	81-90	3	10	0,30	91-00	4	10	0,40	2001-04	2	4	0,50	34	13	0,38
37	2551	000	Guarapuava	71-80	4	10	0,40	81-90	4	10	0,40	91-00	4	10	0,40	2001-04	1	4	0,25	34	13	0,38
38	2548	43	Guaraqueçaba	75-80	1	6	0,17	81-90	4	10	0,40	91-00	3	10	0,30	2001-06	3	6	0,50	32	11	0,34
39	2548	20	Guaratuba	71-80	5	10	0,50	81-90	1	10	0,10	91-00	0	10	0,00	2001-04	2	4	0,50	34	8	0,24
40	2350	41	Ibati	76-80	1	5	0,20	81-90	4	10	0,40	91-00	4	10	0,40	2001-04	2	4	0,50	29	11	0,38
41	2453	13	Iguatu	71-80	5	10	0,50	81-90	3	10	0,30	91-00	3	10	0,30	2001-04	2	4	0,50	34	13	0,38
42	2552	2	Itapejara do Oeste	71-80	1	10	0,10	81-90	1	10	0,10	91-00	4	10	0,40	2001-04	0	4	0,00	34	6	0,18
43	2549	53	Itaperucu	75-80	1	6	0,17	81-90	3	10	0,30	91-00	4	10	0,40	2001-04	3	4	0,75	30	11	0,37
44	2350	46	Japira	79-80	1	2	0,50	81-90	3	10	0,30	91-00	4	10	0,40	2001-04	1	4	0,25	26	9	0,35
45	2451	49	Jardim Alegre	76-80	2	5	0,40	81-90	4	10	0,40	91-00	7	10	0,70	2001-04	2	4	0,50	29	15	0,52
46	2252	13	Jardim Olinda	76-80	1	5	0,20	81-90	3	10	0,30	91-00	4	10	0,40	2001-04	2	4	0,50	29	10	0,34
47	2549	000	Lapa	71-80	0	10	0,00	81-90	2	10	0,20	91-00	4	10	0,40	2001-04	1	4	0,25	34	7	0,21
48	2350	26	Leópolis	76-80	2	5	0,40	81-90	4	10	0,40	91-00	5	10	0,50	2001-04	2	4	0,50	29	13	0,45
49	2253	13	Loanda	76-80	2	5	0,40	81-90	4	10	0,40	91-00	5	10	0,50	2001-04	1	4	0,25	29	12	0,41
50	2653	22	Marmeleiro	76-80	3	5	0,60	81-90	2	10	0,20	91-00	4	10	0,40	2001-04	4	4	1,00	29	13	0,45

FONTE: AUTOR

TABELA 07 - TABELA GERAL DE DADOS DOS MUNICÍPIOS SELECIONADOS

51	2552	8	Marquinho	71-80	0	10	0,00	81-90	2	10	0,20	91-00	5	10	0,50	2001-04	2	4	0,50	34	9	0,26
52	2553	2	Matelândia	76-80	4	5	0,80	81-90	3	10	0,30	91-00	6	10	0,60	2001-04	2	4	0,50	29	15	0,52
53	2454	15	Mercedes	76-80	2	5	0,40	81-90	2	10	0,20	91-00	7	10	0,70	2001-04	1	4	0,25	29	12	0,41
54	2548	000	Morretes	71-80	1	10	0,10	81-90	3	10	0,30	91-00	2	10	0,20	2001-04	2	4	0,50	34	8	0,24
55	2453	37	Nova Aurora	76-80	1	5	0,20	81-90	3	10	0,30	91-00	3	10	0,30	2001-04	2	4	0,50	29	9	0,31
56	2252	20	Nova Londrina	76-80	2	5	0,40	81-90	3	10	0,30	91-00	2	10	0,20	2001-04	0	4	0,00	29	7	0,24
57	2453	48	Nova Santa Rosa	77-80	2	4	0,50	81-90	3	10	0,30	91-00	3	10	0,30	2001-04	0	4	0,00	28	8	0,29
58	2450	3	Ortigueira	74-80	0	7	0,00	81-90	3	10	0,30	91-00	4	10	0,40	2001-04	1	4	0,25	31	8	0,26
59	2352	38	Ourizona	75-80	3	6	0,50	81-90	2	10	0,20	91-00	4	10	0,40	2001-04	4	4	1,00	30	13	0,43
60	2453	26	Ouro Verde do Oeste	76-80	1	5	0,20	81-90	4	10	0,40	91-00	5	10	0,50	2001-04	2	4	0,50	29	12	0,41
61	2550	15	Palmeira	71-80	6	10	0,60	81-90	5	10	0,50	91-00	5	10	0,50	2001-04	1	4	0,25	34	17	0,50
62	2453	3	Palotina	71-80	5	10	0,50	81-90	3	10	0,30	91-00	5	10	0,50	2001-04	2	4	0,50	34	15	0,44
63	2252	10	Paranacity	71-80	1	10	0,10	81-90	4	10	0,40	91-00	4	10	0,40	2001-04	3	4	0,75	34	12	0,35
64	2548	10	Paranaguá	71-80	1	10	0,10	81-90	1	10	0,10	91-00	2	10	0,20	2001-04	0	4	0,00	34	4	0,12
65	2352	17	Paranavai	75-80	2	6	0,33	81-90	3	10	0,30	91-00	4	10	0,40	2001-04	1	4	0,25	30	10	0,33
66	2649	18	Piñ	71-80	0	10	0,00	81-90	2	10	0,20	91-00	2	10	0,20	2001-04	3	4	0,75	34	7	0,21
67	2551	19	Pinhão	76-80	1	5	0,20	81-90	2	10	0,20	91-00	1	10	0,10	2001-04	2	4	0,50	29	6	0,21
68	2451	13	Pitanga	71-80	1	10	0,10	81-90	2	10	0,20	91-00	5	10	0,50	2001-04	2	4	0,50	34	10	0,29
69	2450	24	Ponta Grossa	76-80	2	5	0,40	81-90	2	10	0,20	91-00	3	10	0,30	2001-04	1	4	0,25	29	8	0,28
70	2251	39	Primeiro de Maio	75-80	2	6	0,33	81-90	3	10	0,30	91-00	3	10	0,30	2001-04	0	4	0,00	29	8	0,28
71	2550	000	Prudentópolis	71-80	3	10	0,30	81-90	1	10	0,10	91-00	3	10	0,30	2001-04	3	4	0,75	34	10	0,29
72	2549	3	Quitandinha	71-80	2	10	0,20	81-90	0	10	0,00	91-00	4	10	0,40	2001-04	2	4	0,50	34	8	0,24
73	2450	40	Reserva	76-80	2	5	0,40	81-90	4	10	0,40	91-00	3	10	0,30	2001-04	2	4	0,50	29	11	0,38
74	2551	37	Reserva do Iguaçu	76-80	1	5	0,20	81-90	3	10	0,30	91-00	3	10	0,30	2001-04	2	4	0,50	29	9	0,31
75	2349	36	Ribeirão Claro	75-80	2	6	0,33	81-90	3	10	0,30	91-00	2	10	0,20	2001-04	2	4	0,50	30	9	0,30
76	2552	36	Rio Bonito do Iguaçu	77-80	1	4	0,25	81-90	3	10	0,30	91-00	4	10	0,40	2001-04	2	4	0,50	28	10	0,36
77	2449	63	Rio Branco do Sul	79-80	1	2	0,50	81-90	4	10	0,40	91-00	5	10	0,50	2001-04	3	4	0,75	26	13	0,50
78	2640	6	Rio Negro	71-80	1	10	0,10	81-90	2	10	0,20	91-00	2	10	0,20	2001-04	2	4	0,50	34	7	0,21
79	2351	53	Rolândia	76-80	1	5	0,20	81-90	2	10	0,20	91-00	4	10	0,40	2001-04	1	4	0,25	29	8	0,28
80	2454	12	Santa Helena	76-80	3	5	0,60	81-90	2	10	0,20	91-00	5	10	0,50	2001-04	2	4	0,50	29	12	0,41
81	2451	10	Santa Maria do Oeste	71-80	4	10	0,40	81-90	4	10	0,40	91-00	4	10	0,40	2001-04	2	4	0,50	34	14	0,41
82	2553	33	Santa Tereza do Oeste	76-80	2	5	0,40	81-90	3	10	0,30	91-00	5	9	0,56	2001-04	1	4	0,25	29	11	0,38
83	2349	61	Santana do Itararé	76-80	2	5	0,40	81-90	5	10	0,50	91-00	4	10	0,40	2001-04	2	4	0,50	29	13	0,45
84	2251	141	Santo Inácio	75-80	1	6	0,17	81-90	3	10	0,30	91-00	2	10	0,20	2001-04	2	4	0,50	30	8	0,27
85	2550	37	São João do Triunfo	76-80	2	5	0,40	81-90	3	10	0,30	91-00	5	10	0,50	2001-04	2	4	0,50	29	12	0,41
86	2253	0	São Pedro do Paraná	76-80	1	5	0,20	81-90	3	10	0,30	91-00	2	10	0,20	2001-04	0	4	0,00	29	6	0,21
87	2449	44	Sengés	76-80	2	5	0,40	81-90	6	10	0,60	91-00	3	10	0,30	2001-04	1	4	0,25	29	12	0,41
88	2250	28	Sertaneja	76-80	2	5	0,40	81-90	6	10	0,60	91-00	4	10	0,40	2001-04	2	4	0,50	29	14	0,48
89	2352	42	Tapejara	76-80	2	5	0,40	81-90	5	10	0,50	91-00	6	10	0,60	2001-04	1	4	0,25	29	14	0,48
90	2353	34	Tapira	76-80	1	5	0,20	81-90	4	10	0,40	91-00	3	10	0,30	2001-04	1	4	0,25	29	9	0,31
91	2252	22	Terra Rica	76-80	2	5	0,40	81-90	4	10	0,40	91-00	4	10	0,40	2001-04	2	4	0,50	29	12	0,41
92	2454	6	Terra Roxa	71-80	3	10	0,30	81-90	3	10	0,30	91-00	3	10	0,30	2001-04	1	4	0,25	34	10	0,29
93	2450	2	Tibagi	71-80	4	10	0,40	81-90	3	10	0,30	91-00	4	10	0,40	2001-04	0	4	0,00	34	11	0,32
94	2453	17	Toledo	71-80	5	10	0,50	81-90	5	10	0,50	91-00	5	10	0,50	2001-04	2	4	0,50	34	17	0,50
95	2551	40	Turvo	76-80	1	5	0,20	81-90	2	10	0,20	91-00	6	10	0,60	2001-04	3	4	0,75	29	12	0,41
96	2452	29	Ubiratã	71-80	4	10	0,40	81-90	3	10	0,30	91-00	4	10	0,40	2001-04	0	4	0,00	34	11	0,32
97	2353	8	Umuarama	72-80	4	9	0,44	81-90	5	10	0,50	91-00	3	10	0,30	2001-04	2	4	0,50	33	14	0,42
98	2651	000	União da Vitória	71-80	2	10	0,20	81-90	1	10	0,10	91-00	5	10	0,50	2001-04	2	4	0,50	34	10	0,29
99	2450	34	Ventania	76-80	2	5	0,40	81-90	4	10	0,40	91-00	3	10	0,30	2001-04	2	4	0,50	29	11	0,38
100	2353	25	Vila Alta	77-80	1	4	0,25	81-90	3	10	0,30	91-00	3	10	0,30	2001-04	1	4	0,25	28	8	0,29

FONTE: AUTOR



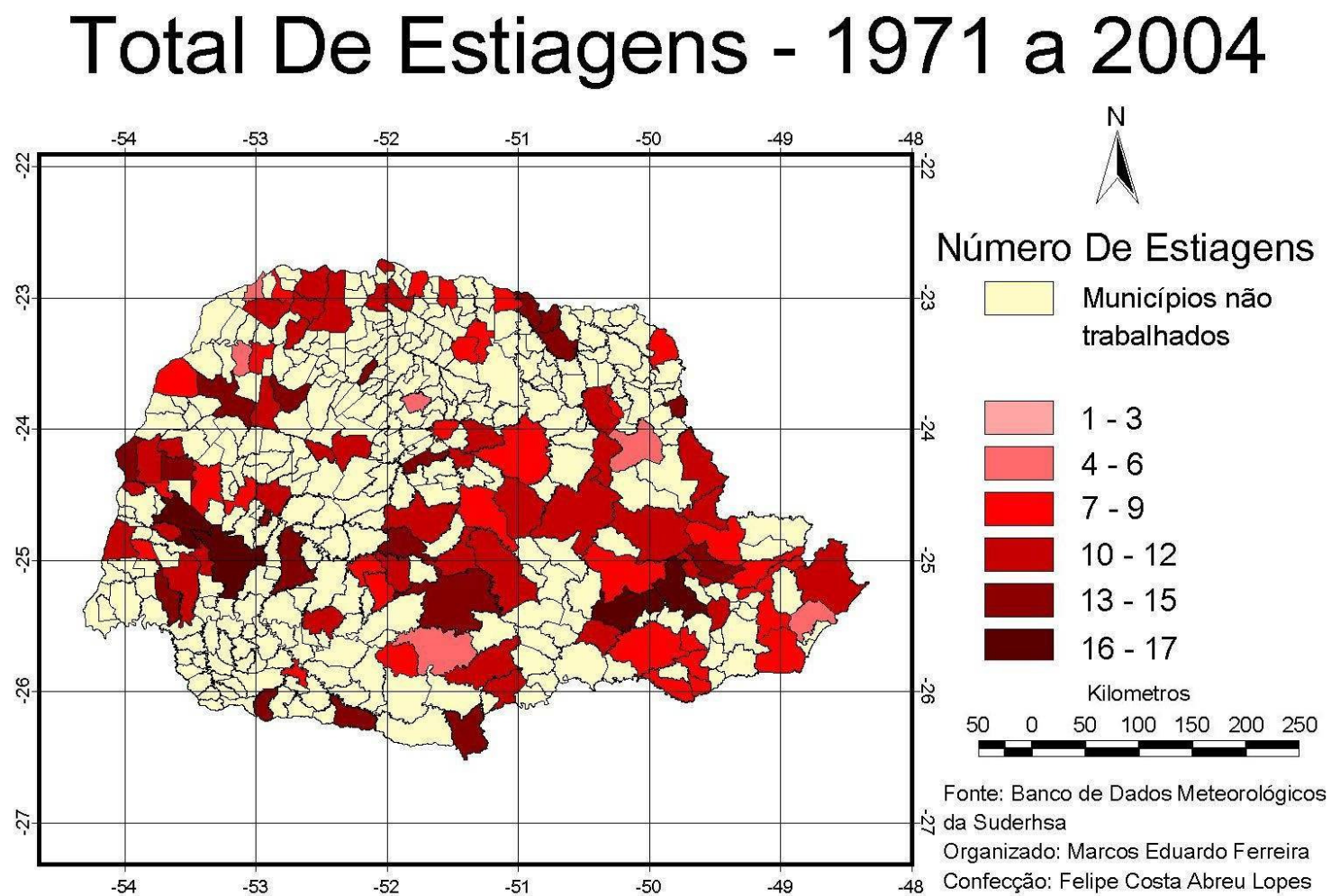
A figura 26 apresenta o total de estiagens baseado em números absolutos de estiagens por municípios no período entre 1971 a 2004 aproximadamente. Estes resultados foram baseados em amostra de cem municípios no Estado do Paraná.

Pode-se identificar que a ocorrência de estiagens é uma constante no perfil climatológico do Estado ao longo das décadas analisadas. Do total, 70% dos municípios estudados apresentaram entre sete a doze estiagem no período entre 1971 a 2004. Dos cem municípios, todos apresentaram estiagens dentro do intervalo de trinta e quatro anos. Destes municípios, sete: Bom Sucesso(4), Douradina (4), Paranaguá (4), Itapejara do Oeste (6), Arapoti (6), Pinhão (6) e São Pedro do Paraíso (6) registraram a menor incidência de estiagens entre quatro a seis estiagens. No outro extremo foram quatro municípios com o número máximo entre dezesseis a dezessete estiagens: Cascavel (16), Toledo (17), Palmeira (17) e Campo Largo (17) . Além disso, 32% dos municípios apresentaram entre sete a nove estiagens e outros 39% registraram entre dez a doze estiagens.

Os números acima mostram terem sido freqüentes as ocorrências de estiagens no Paraná e seus efeitos repetidos causaram dificuldades em todos os setores da economia para os municípios mais atingidos. Desta forma, pode-se considerar necessário planos de assistência por parte dos órgãos administrativos para amenizar os problemas decorrentes das estiagens, caso este processo de aumento da freqüência das estiagens torna-se realmente constante nas décadas futuras.

Pode-se também observar que existe concentração de municípios com maior número de estiagens na região central, mas também existem municípios com índices parecidos distribuídos por outras regiões, o que demonstra que o fenômeno atmosférico pode acontecer de maneira semelhante em diferentes áreas. Talvez mudanças globais do clima, o uso do solo no Estado do Paraná ou mesmo os sistemas de circulação atmosféricos em determinado período podem ter sido um fator influenciador das estiagens.

FIGURA 26: TOTAL DE ESTIAGENS 1971 A 2004

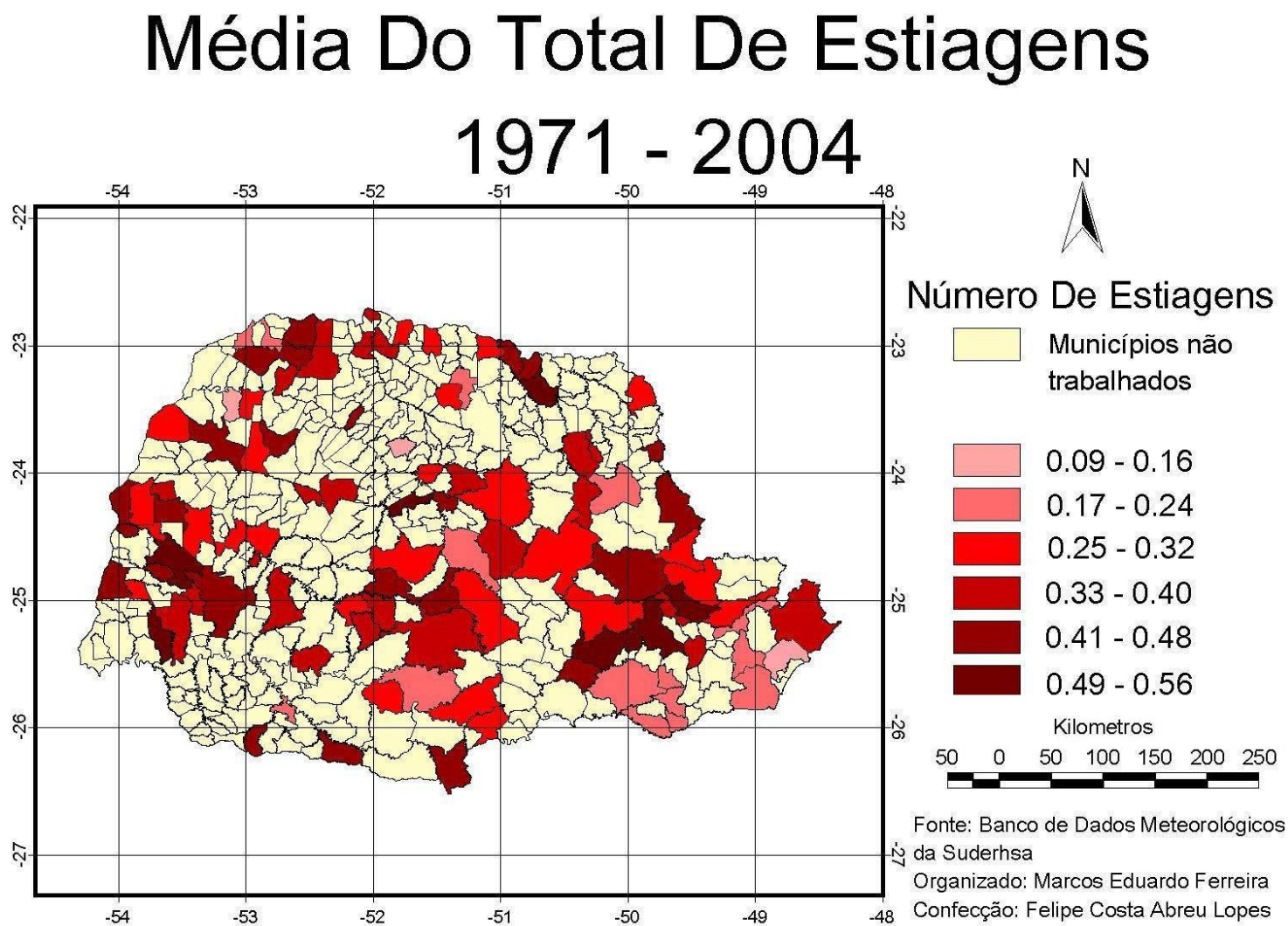


Considerando-se os valores médios da figura 27 (Médias do Total de Estiagens para a década de 70) observa-se uma distribuição maior das estiagens entre os municípios, sendo que aumenta tanto o número de municípios com número menor de estiagens como os que apresentam um número maior de estiagens, quando comparado com o mapa e a tabela de números absolutos. De 0.9 a 0.16 que é o mesmo segmento da menor ocorrência de estiagens na tabela com números absolutos não havia nenhum município classificado, mas no mapa de Médias contamos com três municípios. Da mesma forma o intervalo com maior ocorrência de estiagens passa de quatro, na tabela de Números Absolutos para sete. A maioria dos municípios ficou entre quinze a vinte e sete estiagens neste período de trinta três anos, o que equivale dizer que a cada 2,2 a 1,2 anos ocorre uma estiagem na maioria dos municípios do Paraná.

A década de 70 apresentou sete municípios sem nenhuma estiagem. O número total de municípios que apresentaram até duas estiagens foi o maior com 61 municípios. Contudo, um número significativo representando 25% dos municípios registrou entre três a quatro estiagens para o período. No intervalo com mais estiagens, só sete municípios ficaram entre cinco a seis estiagens em um período de dez anos. Com cinco estiagens classificam-se os municípios de Bocaiúva do Sul, Campo Largo, Guaratuba, Iguatu, Palotina, Toledo e com seis estiagens o município de Palmeira.

Da mesma forma apesar das médias diluírem a ocorrência das estiagens em cores mais claras, podemos ver a concentração das mesmas na Região Metropolitana de Curitiba, no Centro-sul e Sudeste do Paraná.

FIGURA 27: MÉDIA DO TOTAL DE ESTIAGENS 1971 A 2004



## 5.1 A FREQUÊNCIA DAS ESTIAGENS PARA A DÉCADA DE 70

A década de 70 apresentou sete municípios sem nenhuma estiagem. O número total de municípios que apresentaram até duas estiagens foi o maior sessenta e um municípios. Contudo, um número significativo, representando 25% dos municípios registrou entre três e quatro estiagens para o período. Na faixa com mais estiagens foram sete municípios apenas que ficaram entre cinco a seis estiagens em um período de dez anos. Com cinco estiagens existem os municípios de Bocaiúva do Sul, Campo Largo, Guaratuba, Iguatu, Palotina, Toledo e com seis estiagens o município de Palmeira.

Na figura 28 podemos observar com mais nitidez a concentração dos municípios com maior ocorrência entre três a seis de estiagens, estão abaixo dos 24º de latitude sul, ou uma concentração nas regiões da Região Metropolitana de Curitiba, Sudeste, Centro-Sul, Oeste e Centro-Oriental.

As áreas onde os municípios têm menor ocorrência de estiagens de uma a duas são as regiões Noroeste, Norte Central e Norte Pioneiro. Mas mesmo existindo concentrações de grupos semelhantes de municípios, existem municípios com poucas ocorrências em todas as regiões.

A concentração dos municípios com maior número de ocorrências estão dispostos na parte do centro do estado para o sul onde o clima é subtropical e abaixo da faixa de transição com o clima tropical. No norte do Estado o número de municípios com pouca concentração de estiagens é maior.

FIGURA 28: – ESTIAGENS NA DÉCADA DE 70

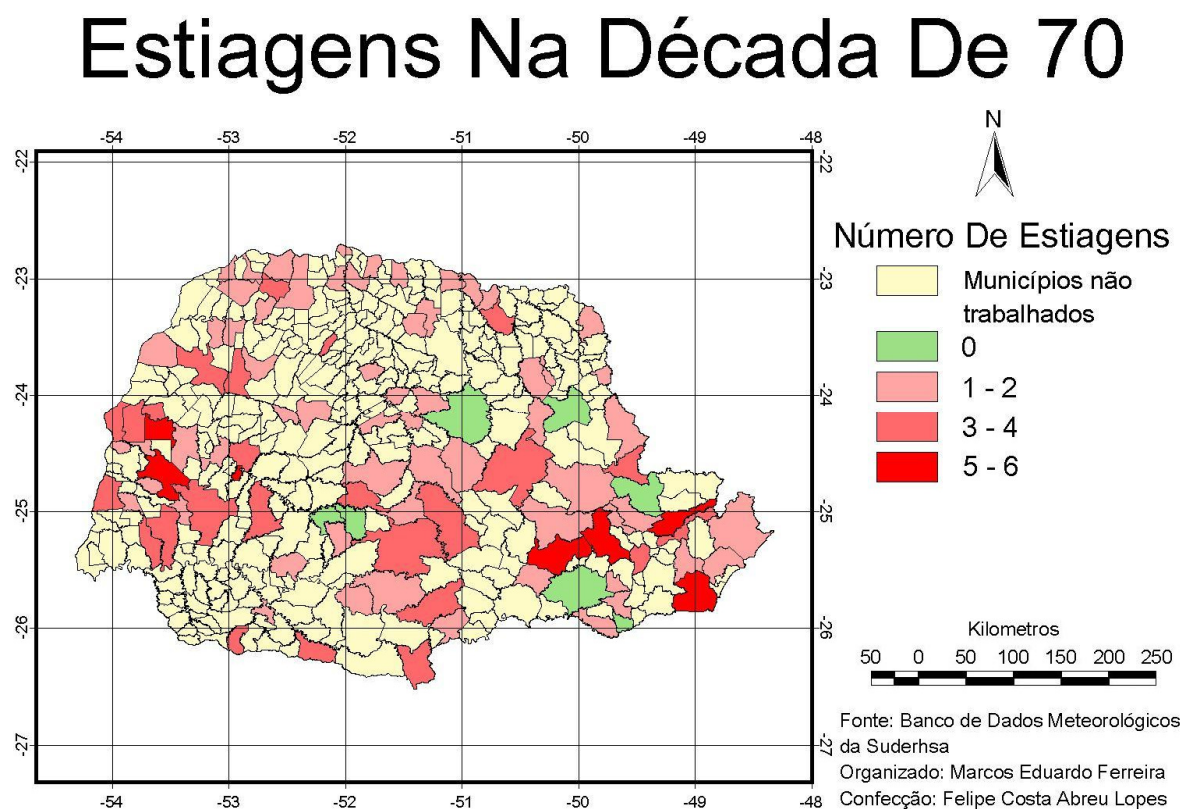


TABELA 8: TOTAL DE ESTIAGENS DÉCADA DE 70

Nº de Estiagens	Frequência de Municípios
<b>0</b>	<b>7</b>
<b>1 – 2</b>	<b>61</b>
<b>3 – 4</b>	<b>25</b>
<b>5 – 6</b>	<b>7</b>
<b>7 – 8</b>	<b>0</b>
<b>9 - 10</b>	<b>0</b>

FONTE: AUTOR

## **A MÉDIAS DAS ESTIAGENS PARA A DÉCADA DE 70**

Analisando-se os dados da figura 29, pode-se perceber uma diferença na agregação dos municípios por classes de concentração de estiagens. Esta variação é explicada pela quantidade de intervalos que cada uma tem em relação aos números absolutos. O intervalo entre as médias agrega uma desigualdade maior entre as classes, por isso a diferença de números entre os dois mapas. Em relação ao total, 1.0 corresponderia a um número absoluto de 10 estiagens na década, o que não aconteceu em nenhum caso, mas colocamos aqui como uma referência de máximo possível em uma década.

Pode-se perceber então que a maior parte dos casos 43% dos municípios estão em uma faixa de 0.21 a 0.40. E apenas dois municípios na faixa das maiores médias entre 0.61 a 0.80. São os municípios de Matelândia (0.80) e Francisco Alves (0.75), e no intervalo de 0.81 a 1.0 temos Bocaiúva do Sul (0.83).

Isento de estiagens registrou-se sete municípios: Arapoti, Cerro Azul, Goioxim, Lapa, Marquinho, Ortigueira e Piên.

Na figura 29 registrou-se a concentração de municípios com maior número de estiagens concentrados em duas áreas principais, a Região Metropolitana de Curitiba e a Região Oeste do Estado. Os municípios que concentram menor número de estiagens estão no Norte Central e Norte Pioneiro, Centro-Sul e também na Região Metropolitana de Curitiba mais especificamente no Litoral.



FIGURA 29: MÉDIA DAS ESTIAGENS NA DÉCADA DE 70

## Média Das Estiagens Na Década De 70

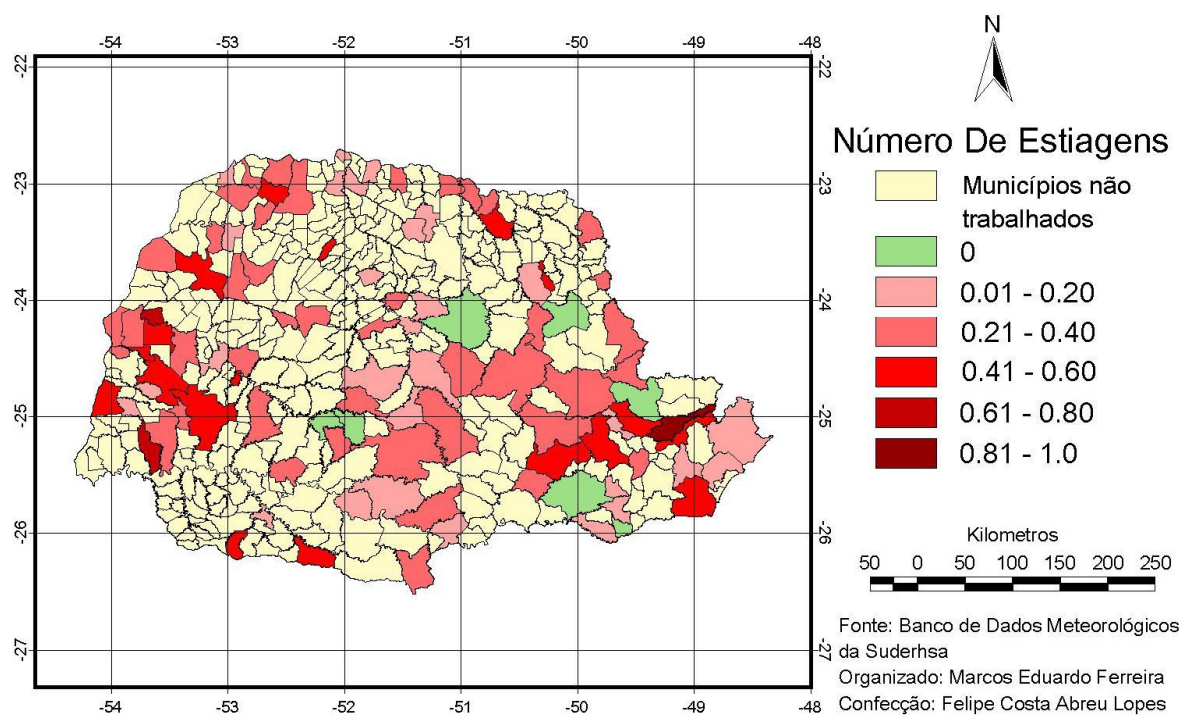


TABELA 9: ESTIAGENS DÉCADA DE 70 - MÉDIAS

Intervalo com o Nº de Estiagens	Municípios que estão dentro do intervalo
<b>0</b>	<b>7</b>
<b>0.01 – 0.20</b>	<b>29</b>
<b>0.21 – 0.40</b>	<b>43</b>
<b>0.41 – 0.60</b>	<b>18</b>
<b>0.61 – 0.80</b>	<b>2</b>
<b>0.81 – 1.0</b>	<b>1</b>

FONTE: AUTOR



## 5.2 A FREQUÊNCIA DAS ESTIAGENS PARA A DÉCADA DE 80

Se na década de 70 sete municípios não apresentaram estiagens, na década de 80 o número caiu para apenas dois municípios. Isto evidencia que ocorreu aumento de municípios com maior quantidade de ocorrência de estiagens de uma década para outra. Também observou-se alteração no intervalo de municípios que apresentaram entre uma a duas estiagens, ocorreu redução de sessenta e um para trinta e um municípios, mas ocorreu aumento no intervalo entre três a quatro passando de vinte e cinco para cinquenta e dois, da década de 70 para a década seguinte. Além disso o intervalo entre cinco a seis estiagens apresentou aumento passando de sete para quinze municípios, tendo um acréscimo de mais de 50%.

Os municípios com cinco estiagens foram Farol, Sengés, Sertaneja, Campo Largo, Campo Mourão, Cascavel, Cornélio Procopio, Cruzeiro do Oeste, General Carneiro, Goioxim, Palmeira, Santana do Itararé e com seis estiagens os municípios de Tapejara, Toledo e Umuarama.

Na década de 80 notou-se alteração espacial na distribuição da concentração dos municípios com maior e menor quantidade de estiagens. Espacialmente ocorreu concentração entre 23 ° a 25° de latitude sul, o que não ocorria antes. Ainda registram-se municípios na Região Metropolitana de Curitiba, com grande número de estiagens mas também nas mesorregiões Centro-Oriental, Norte Pioneiro, Norte Central e Noroeste.

A concentração dos municípios com menor quantidade de estiagens verificara-se na Região Metropolitana de Curitiba, e entre uma a duas estiagens no Centro –Sul e Sudeste do Estado. Estas análises são feitas de acordo com a figura 30.

FIGURA 30: ESTIAGENS NA DÉCADA DE 80

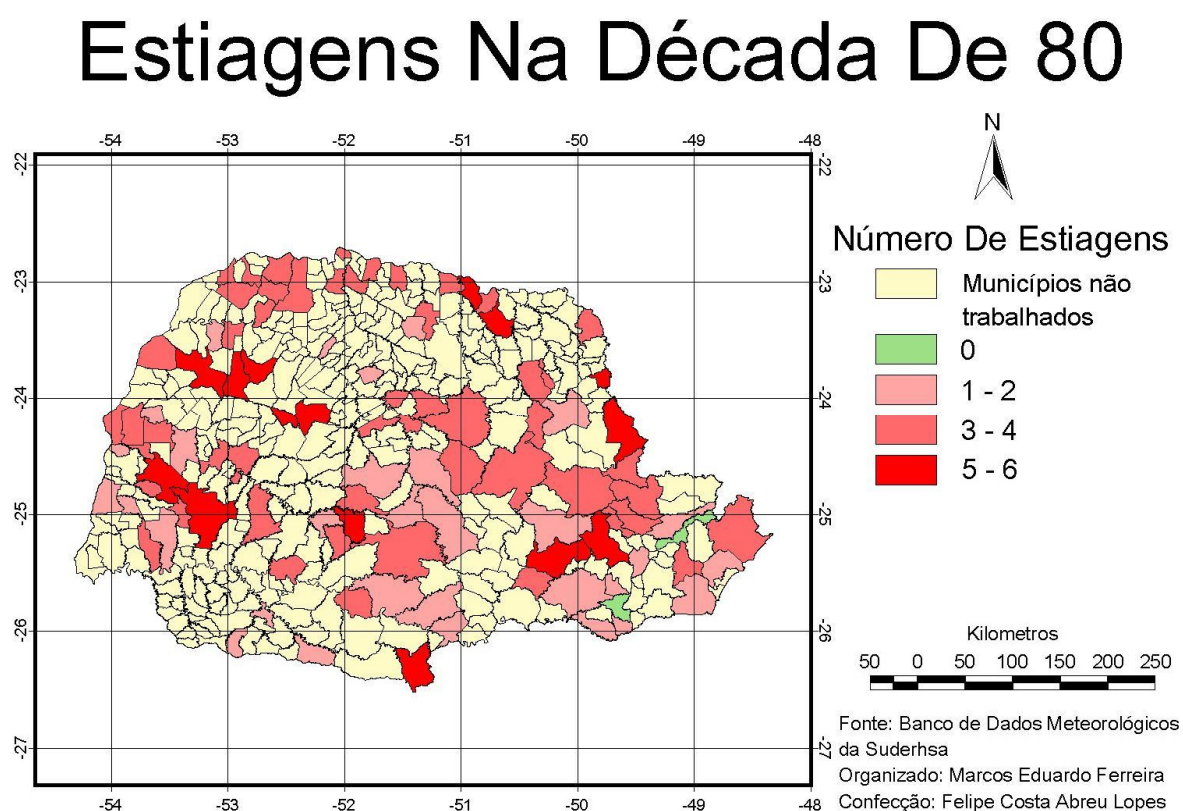


Tabela 10: Estiagens Década de 80 - Total

<b>0</b>	<b>2</b>
<b>1 – 2</b>	<b>31</b>
<b>3 – 4</b>	<b>52</b>
<b>5 – 6</b>	<b>15</b>
<b>7 – 8</b>	<b>0</b>
<b>9 - 10</b>	<b>0</b>

FONTE: AUTOR

## **A MÉDIAS DAS ESTIAGENS PARA A DÉCADA DE 80**

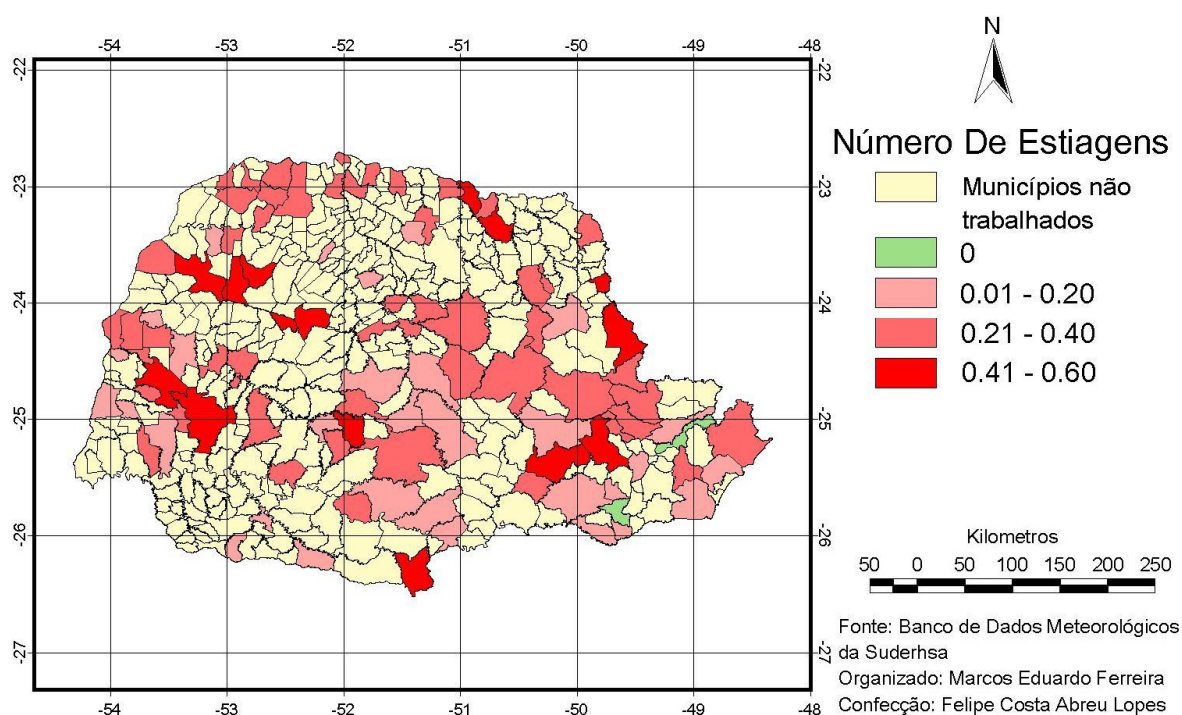
No mapa de médias de estiagens para a década de 80 pode-se observar que ocorreu redução no número de municípios com nenhuma estiagem registrada no período de dez anos, caindo de sete na década de 70 para dois na década de 80, os quais foram os municípios de Quitandinha e Campina Grande do Sul. O intervalo entre 0.21 a 0.40 foi o que mais apresentou ocorrências com 52% dos municípios, mas não foram registradas ocorrências de municípios entre 0.61 a 0.80 ou 0.81 a 0, como ocorria na década anterior. Houve então, com estes dados a constatação de uma migração e concentração das ocorrências de estiagens para os intervalos de 0.01 – 0.20 e 0.21 – 0.40.

Nesta década percebeu-se a distribuição mais homogênea dos municípios com maior número de estiagens por todas as mesorregiões do Estado do Paraná. Isto pode ser um indício de que a falta de chuvas passa a ser um resultado de alterações em todo o território paranaense devido a modificações na umidade das massas de ar que chegam em todas as regiões do estado.

Os municípios que não apresentaram nenhuma estiagem ou foram registradas entre 0.21 e 0.40 ficaram abaixo da linha dos 24º de latitude sul, apesar de que existiram municípios com poucas estiagens distribuídos homogeneamente por todo o território. Estas análises são feitas de acordo com a figura 31.

FIGURA 31: MÉDIA DAS ESTIAGENS NA DÉCADA DE 80

## Média Das Estiagens Na Década De 80



FONTE: AUTOR

TABELA 11: ESTIAGENS DÉCADA DE 80 - MÉDIAS

<b>0</b>	<b>2</b>
<b>0.01 – 0.20</b>	<b>31</b>
<b>0.21 – 0.40</b>	<b>52</b>
<b>0.41 – 0.60</b>	<b>15</b>
<b>0.61 – 0.80</b>	<b>0</b>
<b>0.81 – 1.0</b>	<b>0</b>

FONTE: AUTOR

### 5.3 A FREQUÊNCIA DAS ESTIAGENS PARA A DÉCADA DE 90

A década de 90 reduz o número de municípios no intervalo entre uma a duas estiagens, passando de trinta e um municípios na década de 80 para treze na década de 90. Em contrapartida observa-se aumento no intervalo seguinte que vai de três a quatro estiagens onde existiam cinquenta e dois aumentam para cinquenta e cinco e mais significativamente no intervalo entre cinco a seis estiagens constata-se um acréscimo de quinze para vinte e sete ocorrências. Na década de 90 constatou-se a ocorrência de dois municípios, Jardim Alegre com sete e Mercedes com oito, desta forma entre sete a oito estiagens na mostra que um significativo aumento na concentração das estiagens na década de 90 em alguns municípios.

Nessa década a concentração volta a ocorrer a partir do paralelo 24º Sul e distribuindo-se homogeneamente praticamente por todas as mesorregiões ao sul deste paralelo. Um município na mesorregião Metropolitana de Curitiba não apresentou nenhuma estiagem e seis outros registraram entre uma a duas estiagens na década. A outra concentração com este mesmo índice aparecem em municípios ao norte do paralelo de 24º. Estas análises são feitas de acordo com a figura 32.

FIGURA 32: ESTIAGENS NA DÉCADA DE 90

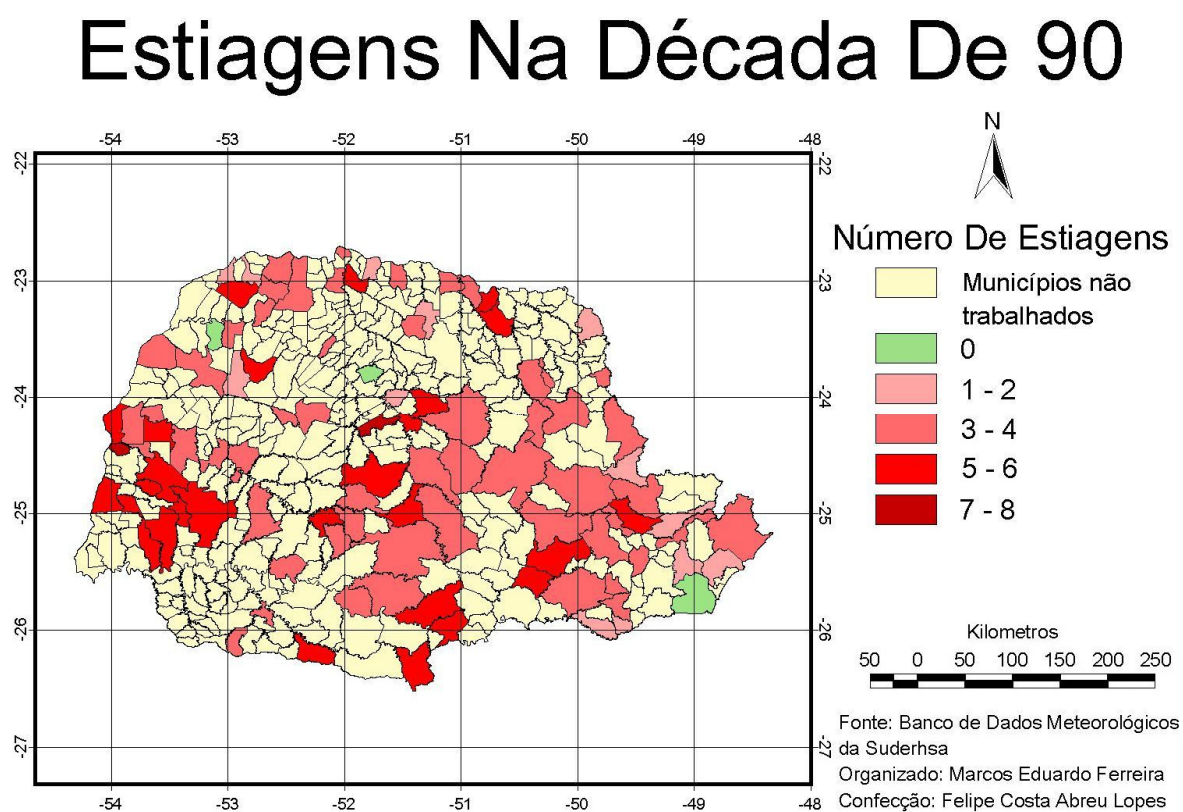


Tabela 12: Estiagens Década de 90 - Total

<b>0</b>	<b>3</b>
<b>1 – 2</b>	<b>13</b>
<b>3 – 4</b>	<b>55</b>
<b>5 – 6</b>	<b>27</b>
<b>7 – 8</b>	<b>2</b>
<b>9 - 10</b>	<b>0</b>

FONTE: AUTOR

## **A MÉDIAS DAS ESTIAGENS PARA A DÉCADA DE 90**

Três municípios não registraram estiagens sendo os de Bom Sucesso, Douradina e Guaratuba e outros três municípios registraram os índices mais elevados de ocorrência de estiagens entre 0.61 a 0.80, sendo Cornélio Procopio (0.63), Jardim Alegre (0.70) e Mercedes (0.70). A maioria dos municípios classificaram-se entre 0.21 a 0.40 demonstrando que a década foi marcada por muitas estiagens em 54% dos municípios analisados.

As estiagens neste período da década de 90 são representados de forma semelhante tanto no mapa com números absolutos como no de números relativos. Isto mostra a distribuição homogênea das estiagens em todas as mesorregiões do Estado do Paraná. De acordo com estes dados pode-se comparar com as informações fornecidas pelos meios de comunicação que divulgaram a ocorrência de muitas estiagens durante essa década. Tanto os estados com maiores concentrações como os de menores concentrações de incidência das estiagens se distribuem em todas as mesorregiões. Estas análises são feitas de acordo com a figura 33.

FIGURA 33: MÉDIA DAS ESTIAGENS NA DÉCADA DE 90

## Média Das Estiagens Na Década De 90

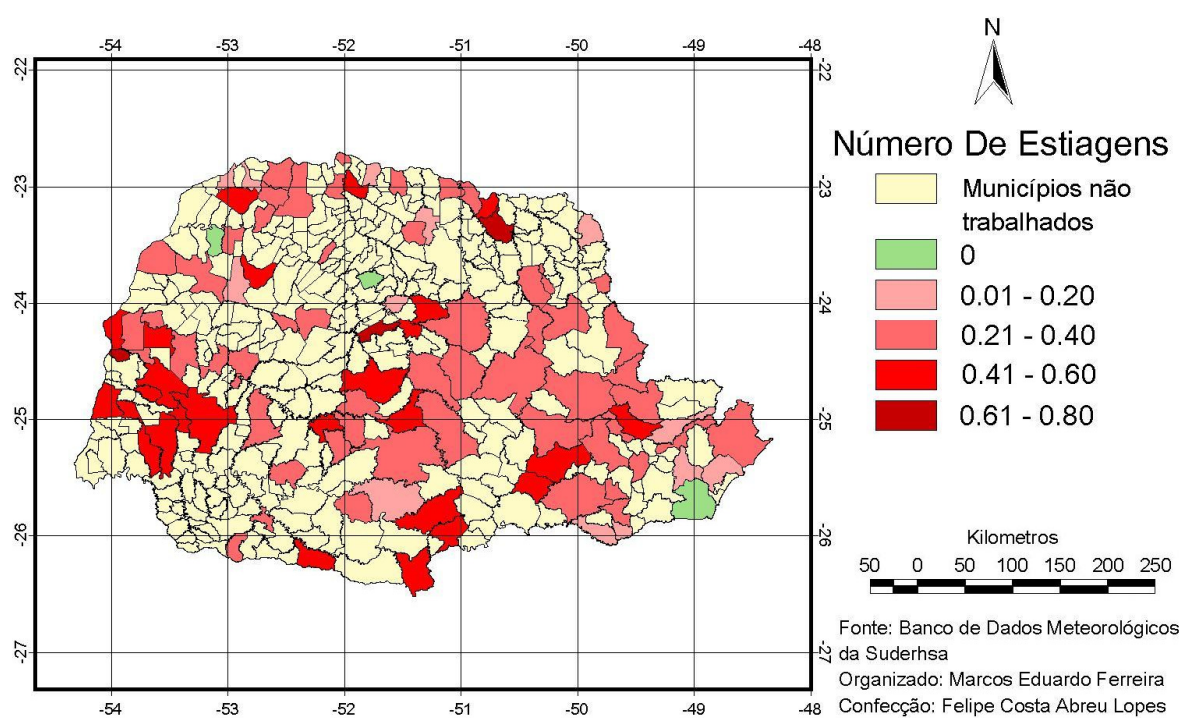


Tabela 13: Estiagens Década de 90 - Médias

<b>0</b>	<b>3</b>
<b>0.01 – 0.20</b>	<b>14</b>
<b>0.21 – 0.40</b>	<b>54</b>
<b>0.41 – 0.60</b>	<b>26</b>
<b>0.61 – 0.80</b>	<b>3</b>
<b>0.81 – 1.0</b>	<b>0</b>

FONTE: AUTOR



#### **5.4 A FREQUÊNCIA DAS ESTIAGENS PARA O INÍCIO DA DÉCADA DE 2000**

O período entre os anos de 2001 a 2004, mesmo sendo um intervalo menor de tempo, mostra a ocorrência de muitas estiagens. Pelo menos setenta e oito municípios apresentaram entre uma a duas estiagens e onze registraram a ocorrência entre três e quatro estiagens, o que é perceptível é que este fenômeno de falta de chuvas foi constante no início da década.

A concentração espacial dos municípios está na mesorregião Metropolitana de Curitiba, Centro-Oriental e Sudeste. Já o número de municípios que não registraram estiagem estão dispersos em quase todas as mesorregiões. O restrito número de anos da década de 2000 possibilita a visualização em destaque dos extremos do número de concentração de estiagens pelos municípios estudados. Estas análises são feitas de acordo com a figura 34.

FIGURA 34: ESTIAGENS DE 2001 A 2004

# Estiagens De 2001 a 2004

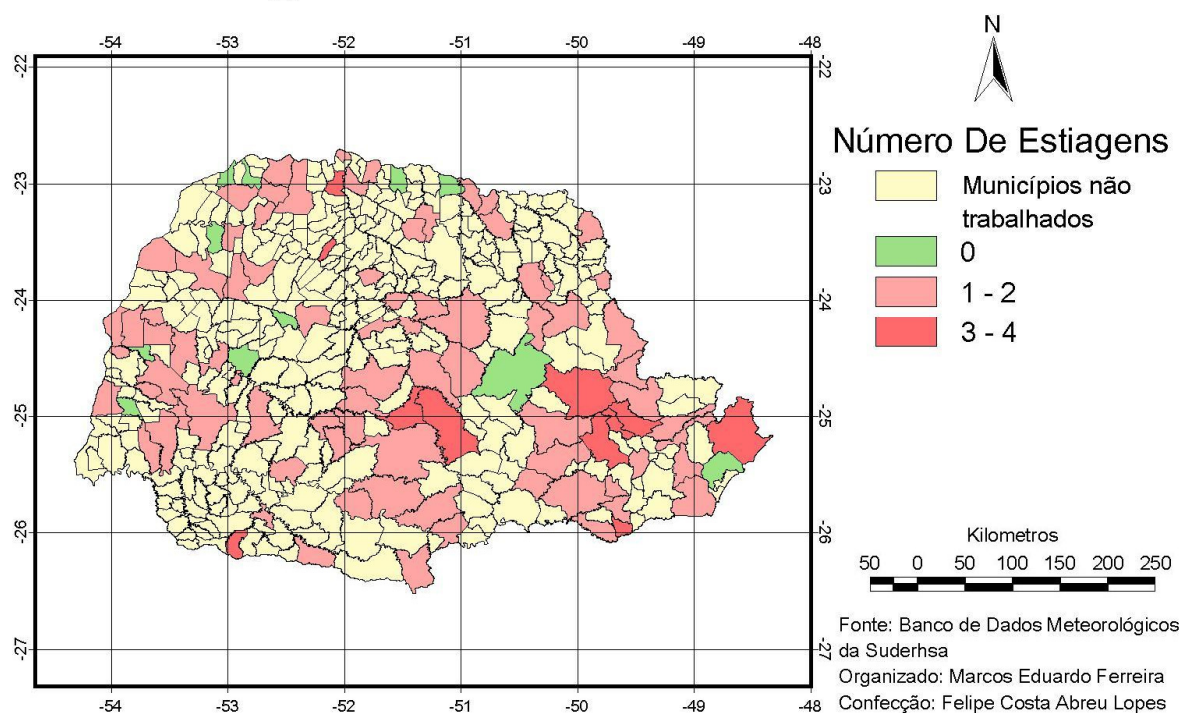


Tabela 14: Estiagens 2001 a 2004 - Total

<b>0</b>	<b>11</b>
<b>1 – 2</b>	<b>78</b>
<b>3 – 4</b>	<b>11</b>
<b>5 – 6</b>	<b>0</b>
<b>7 – 8</b>	<b>0</b>
<b>9 - 10</b>	<b>0</b>

FONTE: AUTOR

## **A MÉDIAS DAS ESTIAGENS PARA O INÍCIO DA DÉCADA DE 2000**

As médias também representam a mesma tendência da ocorrência de estiagem para o início da década de 2000. Observa-se que 11% dos municípios não apresentaram estiagens, 2% ficaram entre 0.01 a 0.20, mas 33% ficaram no intervalo entre 0.21 a 0.40, e a maioria 43% ficaram entre 0.41 a 0.60. Os municípios que tiveram mais estiagens nestes primeiros quatro anos da década estão entre 0.61 a 0.80 o que foram 9% municípios. E 2% dos municípios tiveram entre 0.81 a 1.0, o que significa quatro estiagens em um espaço de tempo de quatro anos.

As médias mostram um mapa com maior variação de cores na representação da distribuição das estiagens oferecendo uma nuance maior na observação do fenômeno da distribuição da falta de chuvas. O mapa desta forma, com estes valores relativos é mais adequado para a comparação com os mapas anteriores, pois mantém um padrão similar aos demais. Desta forma, um mapa com poucos anos de amostra pode ser comparada com um mapa com o total de anos de uma década. Novamente a concentração bem visível fica na mesorregião Metropolitana de Curitiba e o municípios com zero estiagens estão distribuídos homogeneamente. Estas análises são feitas de acordo com a figura 35.

FIGURA 35: MÉDIA DAS ESTIAGENS DE 2001 A 2004

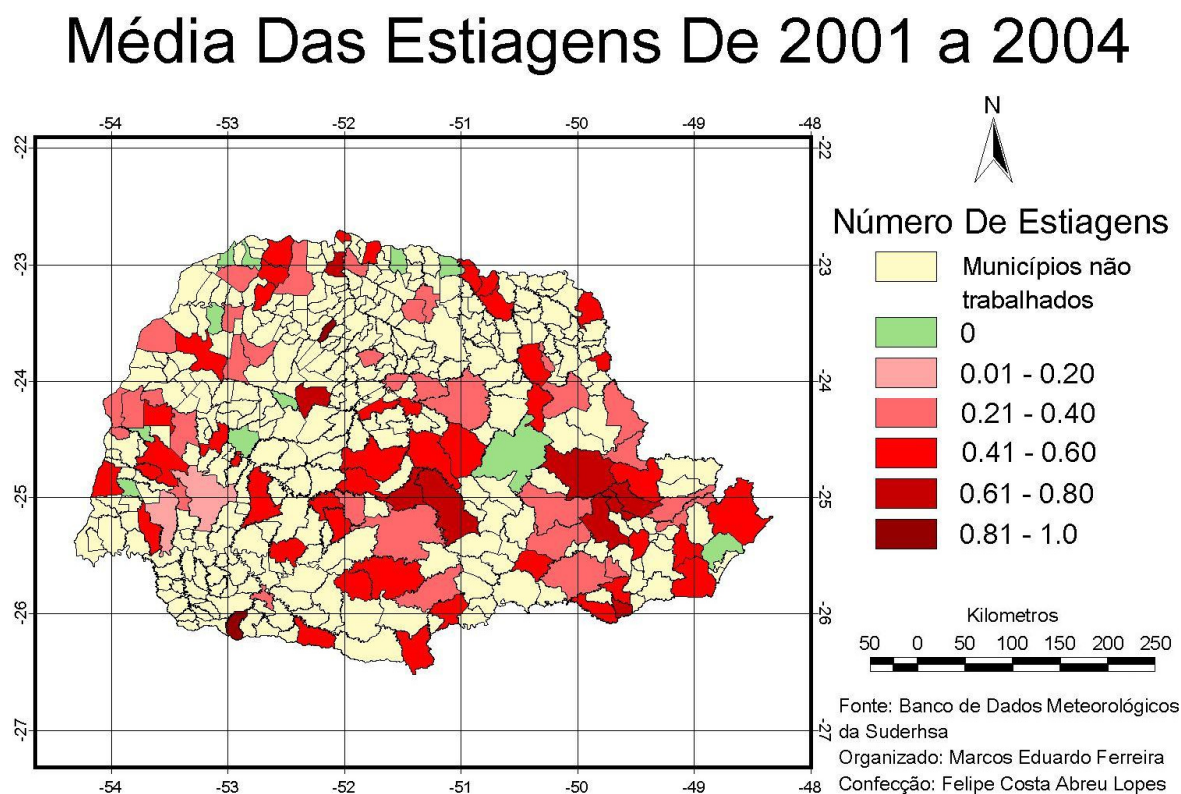


Tabela 15: Estiagens Médias 2001- 2004

<b>0</b>	<b>11</b>
<b>0.01 – 0.20</b>	<b>2</b>
<b>0.21 – 0.40</b>	<b>33</b>
<b>0.41 – 0.60</b>	<b>43</b>
<b>0.61 – 0.80</b>	<b>9</b>
<b>0.81 – 1.0</b>	<b>2</b>

FONTE: AUTOR

### **5.5.1 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DAS ESTIAGENS NO PARANÁ (1971-2004)**

Observando a tabela 16, pode-se perceber o aumento do número de estiagens da década de 1970 para a década de 90, e mantendo-se a tendência nos primeiros anos da década de 2000, embora não de forma uniforme.

Ocorreu um aumento no intervalo entre três a quatro estiagens que passou de 25% dos municípios para 52% a 55% nas décadas de 1980 e 1990 respectivamente. No intervalo entre cinco a seis estiagens que apresentava 7% na década de 1970 ocorre um aumento para 15% na década de 1980, subindo para 27% na década de 1990. O intervalo entre uma a duas estiagens que apresentava 61% dos municípios foi para 31% na década de 80 e diminui ainda mais na década 90 registrando 13% dos municípios. Essa redução ocorreu pelo aumento no número de estiagens fazendo com que os municípios analisados passem a ter mais estiagens por década. Da mesma maneira, pode-se perceber que para a década de 1970 eram sete municípios sem estiagens, e para a década de 1980 esse número foi para 2% e 3% na década de 90.

Os números para o início da década de 2000 também são expressivos, pois mostram a incidência de estiagens em 78% dos municípios entre uma a duas estiagens. Mesmo assim existem outros onze municípios que já se classificaram entre três a quatro estiagens neste pequeno período de tempo. Dessa forma constatou-se nitidamente que houve aumento da ocorrência de estiagens no território do Paraná. Salienta-se entretanto, que essas estiagens não ocorreram necessariamente de forma simultânea nos mesmos municípios, nem com a mesma frequência, mas esse fenômeno é repetitivo com maior ou menor frequência para o estado como um todo.

Através da análise das médias, como pode ser observado na tabela 17, também ocorre o aumento das estiagens no Estado. Na década de 1970 foram

registrados sete municípios sem estiagens passando para dois na década de 1980 e três na década de 90. O aumento também se observou nos intervalos seguintes. Entre 0.01 a 0.20 existiam 29% dos municípios na década de 70, passando para 31% na década de 80. Na década de 90 ocorreu uma redução grande alterando para 14%. Isto aconteceu porque no intervalo entre 0.21 a 0.40 foram contabilizados absorvendo os municípios que tinham um número menor de estiagens. Neste intervalo existiam 43% dos municípios na década de 70 aumentado para 52% na década de 80 e passando para 54% na década de 90. O outro intervalo que vai de 0.41 a 0.60 também apresentou alterações, mudando de 18% dos municípios na década de 1970 para uma pequena queda para 15% e um aumento para 26% na década de 90. Para o intervalo entre 0.61 a 0.80 apresentou pouca variação com apenas 2% dos municípios na década de 1970, zero para a década de 80 crescendo para 3% na década de 90.

A década de 2000 mostrou 11% dos municípios sem estiagens, mas apresentou 33% dos municípios no intervalo entre 0.21 a 0.40 e 43% no intervalo entre 0.41 a 0.60. Desta forma pode-se observar que estes dois intervalos foram os que mais concentraram municípios com estiagens no período estudado. Assim percebeu-se que os dados das médias apresentaram coerência com os dados absolutos trabalhados.

Tabela 16: Totais de Estiagens 1971-2004

Intervalo	Década 70	Década 80	Década 90	2001-2004
0	7	2	3	11
1 – 2	61	31	13	78
3 – 4	25	52	55	11
5 – 6	7	15	27	0
7 – 8	0	0	2	0
9 - 10	0	0	0	0

FONTE: AUTOR

TABELA 17: MÉDIAS DE ESTIAGENS 1971-2004

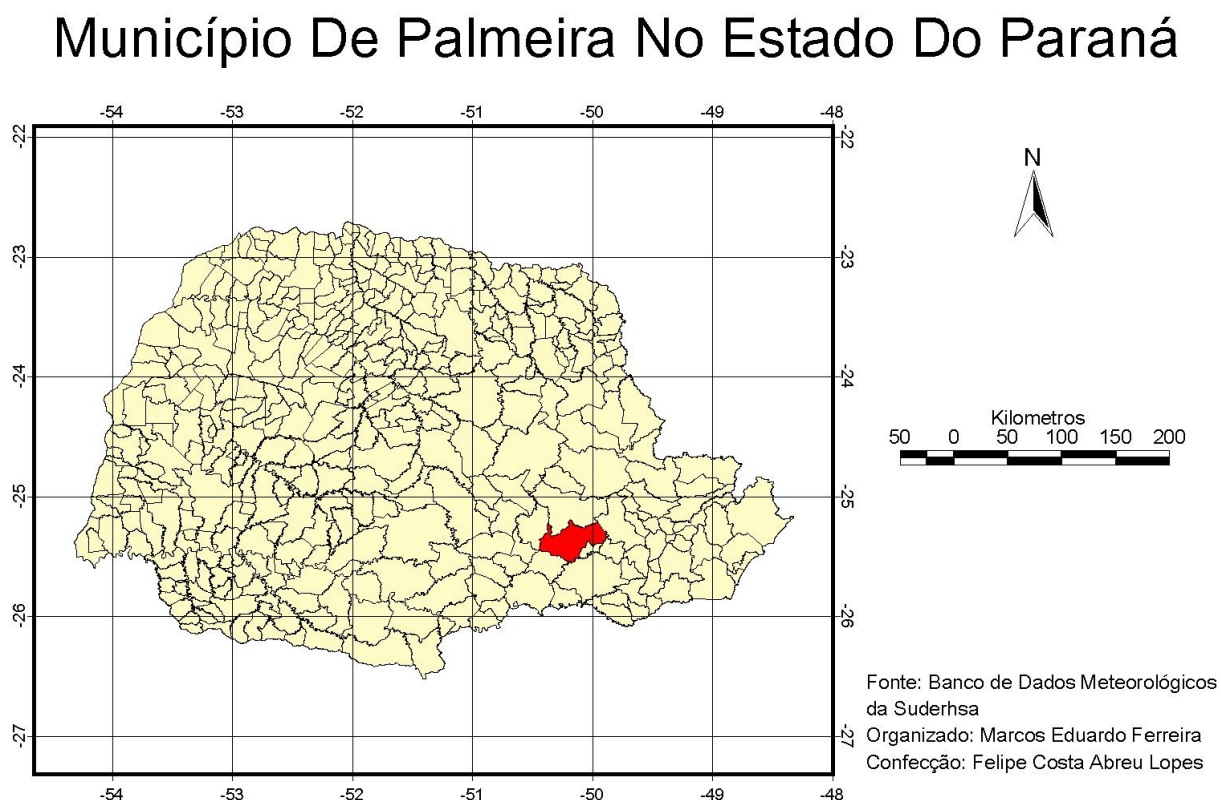
Intervalo	Década 70	Década 80	Década 90	2000-2004
0	7	2	3	11
0.01 – 0.20	29	31	14	2
0.21 – 0.40	43	52	54	33
0.41 – 0.60	18	15	26	43
0.61 – 0.80	2	0	3	9
0.81 – 1.0	1	0	0	2

FONTE: AUTOR

## 6. Estudo de Caso para o Município de Palmeira

O município de Palmeira localiza-se a  $25^{\circ}25'46''$  latitude sul e a  $50^{\circ}00'23''$  de longitude oeste a uma altitude de 865 metros como representado na figura 36.

FIGURA 36: LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE PALMEIRA NO ESTADO DO PARANÁ



FONTE: AUTOR

Este município foi escolhido para o estudo de caso por ter registrado um grande número de estiagens (17) ao longo dos 34 anos estudados. Nas tabela a seguir fez-se a adequação do Método de Robertson para análise mensal da



distribuição das estiagens.

A tabela 18 foi organizada para mostrar a distribuição dos meses Chuvosos, Normais e com Estiagens entre 1971 a 2004. A tabela mostra a concentração mensal destas ocorrências ao longo dos 34 anos sendo que as maiores ocorrências de estiagens foram nos meses de abril, seguindo-se os de maio, junho, julho e agosto. A maior ocorrência de chuvas ocorreram nos meses de dezembro e maior ocorrência de meses com precipitação normal foram nos meses de janeiro.

O Município de Palmeira apresentou um número total de dezessete estiagens ao longo do período de estudo. Foram registradas ocorrências de estiagens em todos os meses do ano, mas constatou-se que os meses de abril até setembro concentraram o maior número de casos. Os anos com o maior número de meses com estiagens foram 1971, 1974 e 1992. Nestes três anos foram evidenciados sete casos em cada ano, e os meses coincidentes foram os meses de abril, setembro e novembro. Foi realizada uma comparação entre os anos de maior número de estiagens com os anos em que se registram a ocorrência do fenômeno do Anti-El Niño, para verificar se foram coincidentes. Em 1971 a intensidade de Anti-El Niño foi Moderado e em 1974 foi Forte, mas não ocorreu Anti-El Niño em 1992. Considera-se por estes resultados que o fenômeno de Anti-El Niño provavelmente influencia a falta de chuvas no município de Palmeira, porém estas podem ocorrer por outros fatores. Verificou-se que em 1970 ocorreu o fenômeno de Anti-El Niño e também ocorreu falta de chuvas de forma significativa para o ano de 1971.

Nos anos entre 1971 a 2004 foram registradas ocorrências do fenômeno de Anti-El Niño com classificação forte, com média e de fraca intensidade. Os anos com forte influência de Anti-El Niño foram: 1973 com três meses com estiagens, 1974 com sete, 1975 com cinco, 1976 com quatro, 1988 com quatro e 1989 com cinco meses que registraram estiagens. Os anos de Anti-El Niño moderados foram 1971 com sete meses com registros de estiagens, 1983 com cinco meses, 1998 com seis meses, 1999 com cinco meses, 2000 com seis meses, e 2001 com três meses com estiagens. Evidenciando assim a

influência do efeito de Anti-El Niño nestes anos com muitas incidências de falta de chuvas. Os anos com fraca intensidade de Anti-El Niño foram 1984 com três meses com estiagens, 1985 com seis, 1995 com seis e 1996 com uma estiagem apenas. Nestes anos de fraca influência do Anti-El Niño podemos também verificar ocorrências de estiagens ao longo dos anos, registrando-se até seis casos. Desta forma entende-se que em todos os anos em que houve a ocorrência de Anti-El Niño, independente da intensidade, foram registradas entre três a sete estiagens, sendo uma média de 4,7 estiagens por ano em que ocorreram o Anti-El Niño.

Os anos que não foram influenciados pelo efeito de Anti-El Niño, mas que apresentaram um número importante de estiagens foram 1972 com cinco meses com estiagens, sendo que este ficou entre dois anos de incidência de Anti-El Niño, 1982 com seis, 1987 com seis, 1992 com sete e 1997 com cinco meses com estiagens. Desta forma temos um número de anos menor com um número expressivo de estiagens do que nos anos em que ocorreu o fenômeno de Anti-El Niño. Observou-se a distribuição das estiagens na tabela e confirmou-se a grande quantidade de meses com poucas chuvas no município de Palmeira no período estudado, além da seqüência de três a quatro meses consecutivos com estiagens.

TABELA 18 - ÍNDICES DE PLUVIOSIDADE DO MUNICÍPIO DE PALMEIRA

ANO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	ESTIAGEM	CHUVOSO	NORMAL	LA NIÑA	ANO
1971	ESTIAGEM	CHUVOSO	CHUVOSO	ESTIAGEM	CHUVOSO	ESTIAGEM	NORMAL	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	CHUVOSO	7	4	1	Moderado	1971
1972	CHUVOSO	CHUVOSO	NORMAL	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	NORMAL	CHUVOSO	NORMAL	CHUVOSO	ESTIAGEM	CHUVOSO	4	5	3	Sem	1972
1973	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	CHUVOSO	NORMAL	ESTIAGEM	NORMAL	CHUVOSO	ESTIAGEM	NORMAL	ESTIAGEM	3	2	7	Forte	1973
1974	CHUVOSO	ESTIAGEM	CHUVOSO	ESTIAGEM	ESTIAGEM	CHUVOSO	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	CHUVOSO	ESTIAGEM	NORMAL	7	4	1	Forte	1974
1975	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	CHUVOSO	ESTIAGEM	CHUVOSO	CHUVOSO	CHUVOSO	CHUVOSO	CHUVOSO	5	5	2	Forte	1975
1976	NORMAL	ESTIAGEM	NORMAL	ESTIAGEM	CHUVOSO	CHUVOSO	ESTIAGEM	CHUVOSO	CHUVOSO	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	4	4	4	Forte	1976
1977	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	CHUVOSO	NORMAL	CHUVOSO	1	2	9	Sem	1977
1978	ESTIAGEM	ESTIAGEM	CHUVOSO	ESTIAGEM	NORMAL	ESTIAGEM	CHUVOSO	NORMAL	CHUVOSO	CHUVOSO	CHUVOSO	CHUVOSO	4	5	3	Sem	1978
1979	NORMAL	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	CHUVOSO	CHUVOSO	NORMAL	CHUVOSO	4	4	4	Sem	1979
1980	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	CHUVOSO	1	1	10	Sem	1980
1981	CHUVOSO	CHUVOSO	NORMAL	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	NORMAL	CHUVOSO	CHUVOSO	CHUVOSO	4	5	3	Sem	1981
1982	ESTIAGEM	CHUVOSO	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	CHUVOSO	NORMAL	ESTIAGEM	ESTIAGEM	CHUVOSO	CHUVOSO	CHUVOSO	6	5	1	Sem	1982
1983	NORMAL	ESTIAGEM	NORMAL	NORMAL	CHUVOSO	CHUVOSO	CHUVOSO	ESTIAGEM	CHUVOSO	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	5	4	3	ModFrac	1983
1984	NORMAL	ESTIAGEM	NORMAL	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	ESTIAGEM	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	CHUVOSO	CHUVOSO	3	2	7	Frac	1984
1985	ESTIAGEM	CHUVOSO	CHUVOSO	CHUVOSO	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	NORMAL	NORMAL	CHUVOSO	ESTIAGEM	6	4	2	Frac	1985
1986	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	ESTIAGEM	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	CHUVOSO	2	1	9	Sem	1986
1987	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	NORMAL	CHUVOSO	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	NORMAL	ESTIAGEM	ESTIAGEM	6	1	5	Sem	1987
1988	CHUVOSO	CHUVOSO	NORMAL	CHUVOSO	CHUVOSO	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	CHUVOSO	4	5	3	Forte	1988
1989	NORMAL	CHUVOSO	NORMAL	CHUVOSO	NORMAL	ESTIAGEM	NORMAL	ESTIAGEM	CHUVOSO	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	5	3	4	Forte	1989
1990	CHUVOSO	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	1	1	10	Sem	1990
1991	NORMAL	CHUVOSO	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	NORMAL	NORMAL	CHUVOSO	3	2	7	Sem	1991
1992	ESTIAGEM	CHUVOSO	CHUVOSO	ESTIAGEM	CHUVOSO	ESTIAGEM	ESTIAGEM	NORMAL	ESTIAGEM	NORMAL	ESTIAGEM	ESTIAGEM	7	3	2	Sem	1992
1993	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	CHUVOSO	NORMAL	NORMAL	CHUVOSO	1	2	9	Sem	1993
1994	NORMAL	CHUVOSO	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	ESTIAGEM	NORMAL	NORMAL	CHUVOSO	2	2	8	Sem	1994
1995	CHUVOSO	CHUVOSO	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	CHUVOSO	CHUVOSO	ESTIAGEM	CHUVOSO	6	5	1	Frac	1995
1996	NORMAL	NORMAL	CHUVOSO	NORMAL	ESTIAGEM	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	CHUVOSO	1	2	9	Frac	1996
1997	CHUVOSO	CHUVOSO	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	CHUVOSO	CHUVOSO	CHUVOSO	CHUVOSO	5	6	1	Sem	1997
1998	NORMAL	ESTIAGEM	CHUVOSO	CHUVOSO	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	CHUVOSO	CHUVOSO	NORMAL	CHUVOSO	ESTIAGEM	6	4	2	Moderado	1998
1999	NORMAL	CHUVOSO	CHUVOSO	ESTIAGEM	NORMAL	CHUVOSO	NORMAL	ESTIAGEM	NORMAL	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	5	3	4	Moderado	1999
2000	ESTIAGEM	CHUVOSO	ESTIAGEM	ESTIAGEM	ESTIAGEM	NORMAL	ESTIAGEM	ESTIAGEM	CHUVOSO	CHUVOSO	NORMAL	CHUVOSO	6	4	2	Moderado	2000
2001	NORMAL	CHUVOSO	NORMAL	ESTIAGEM	NORMAL	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	NORMAL	CHUVOSO	NORMAL	CHUVOSO	3	2	7	Moderado	2001
2002	CHUVOSO	NORMAL	ESTIAGEM	ESTIAGEM	CHUVOSO	ESTIAGEM	ESTIAGEM	NORMAL	CHUVOSO	NORMAL	CHUVOSO	ESTIAGEM	5	4	3	Sem	2002
2003	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	NORMAL	NORMAL	NORMAL	CHUVOSO	1	1	10	Sem	2003
2004	ESTIAGEM	ESTIAGEM	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	ESTIAGEM	NORMAL	CHUVOSO	CHUVOSO	CHUVOSO	3	3	6	Sem	2004

Fonte: AUTOR

A tabela 19 foi organizada para mostrar a evolução das estiagens de forma numérica onde pode-se observar a ocorrência em todos os anos e em todos os meses. Foram registradas entre sete a vinte e uma estiagens distribuídas entre os meses do ano entre 1971 a 2004. A maior concentração de estiagens foram nos meses de abril até agosto, o que evidencia a falta de chuvas nas estações de outono-inverno. Também ocorreu um número elevado de estiagens nos meses de novembro com onze e dezembro com doze estiagens.

TABELA 19 - INCIDÊNCIA DE MESES CLASSIFICADOS COMO ESTIAGENS, CHUVOSOS E NORMAIS 1971-2004.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<b>ESTIAGEM</b>	7	7	7	15	13	12	18	<b>21</b>	7	6	11	12
<b>CHUVOSO</b>	8	15	8	4	9	16	2	3	13	12	9	21
<b>NORMAL</b>	19	12	19	15	12	6	14	10	14	16	14	1

FONTE: AUTOR

O gráfico 01 mostra a ocorrência das estiagens onde pode-se perceber que a ocorrência do maior número de estiagens registrou-se nas estações do ano de outono e inverno, confirmando assim uma sazonalidade típica do clima subtropical encontrado no estado do Paraná e que também já foi verificado por outros pesquisadores.

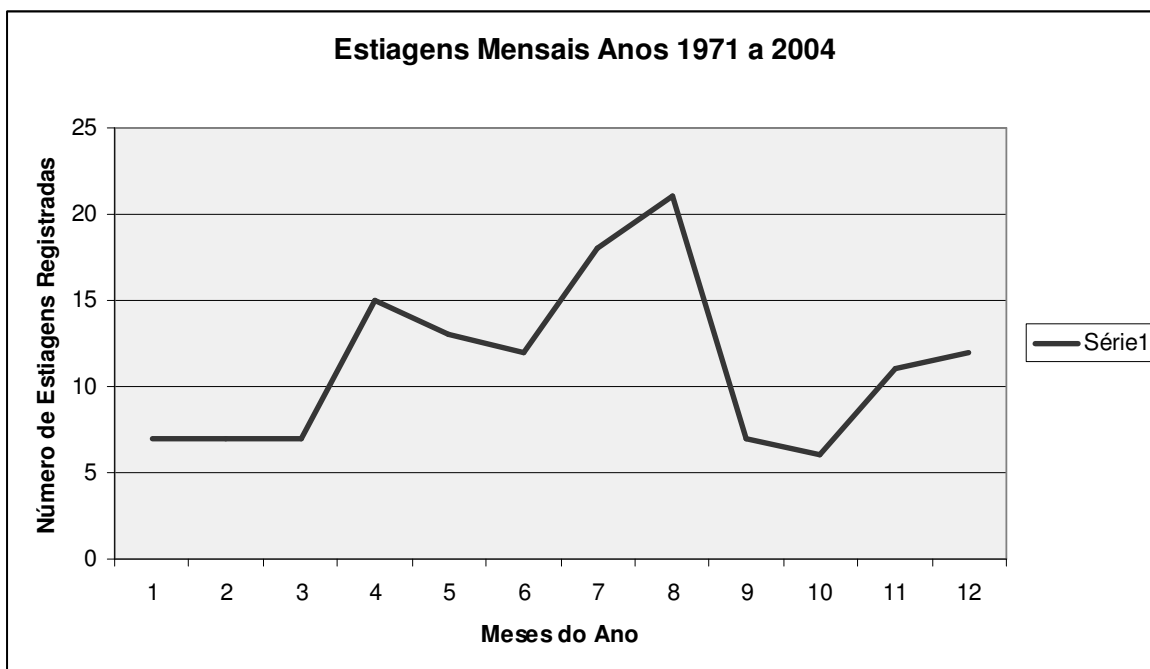


GRÁFICO 1: ESTIAGENS MENSAIS ANOS 1971 A 2004  
FONTE: AUTOR

## 7. AMOSTRAGEM DA VARIABILIDADE INTERANUAL DAS CHUVAS

Faz-se aqui análise amostral de 20 municípios do Estado, escolhidos de forma a expressarem uma boa distribuição espacial ao longo do território paranaense. Desta forma buscando verificar a variabilidade interanual dos totais pluviométricos anuais, no período entre 1971 a 2004, além da elaboração de *retas de tendência* nos gráficos para a definição de aumento ou redução da pluviosidade total durante os anos analisados.

Este procedimento foi realizado para verificar se a ocorrência das estiagens podem ter significado alterações nos totais de chuvas para mais ou para menos, nas regiões analisadas neste estudo sobre estiagens. A outra possibilidade seria ter ocorrido distribuições mais concentradas durante certas estações do ano, e a redução em outras, sem afetar de forma significativa os totais médios anuais.

Os seguintes municípios estão representados na figura número 05.

### 7.1. Ribeirão Claro

Mostra a tendência de redução da pluviosidade total na década de 90 e início da década de 2000, apesar de pequena. O ano de menor pluviosidade foi 1985 e o de maior foi 1991. Ocorreram estiagens, de acordo com os dados obtidos por esta pesquisa, nos anos de 1977, 1978, 1984, 1985, 1994, 1999 e 2000. Os anos com os menores totais pluviométricos foram 1985, 1984 e 1999.

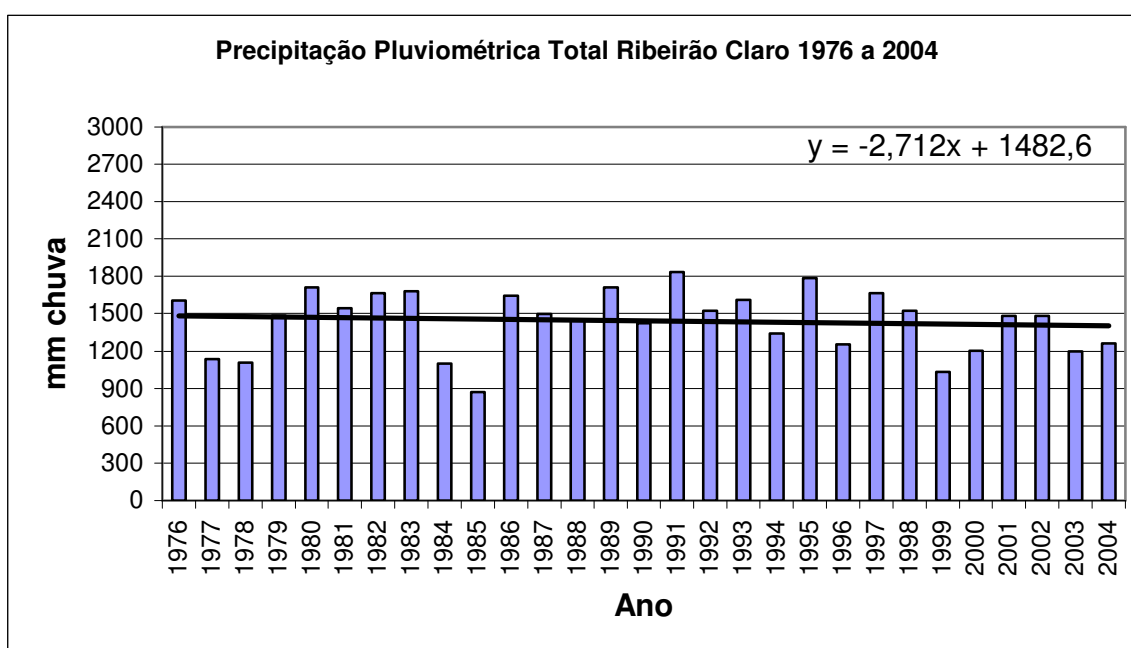


GRÁFICO 03: PLUVIOSIDADE TOTAL RIBEIRÃO CLARO 1976 A 2004  
 FONTE: AUTOR (2007)

## 7.2. Prudentópolis

Neste município constatou-se uma tendência de aumento da pluviosidade, mas a década de 90 apresentando menor variabilidade da pluviosidade em relação as duas anteriores. O ano de menor pluviosidade foi o de 1985 e o de maior foi o de 1998. A década de 70 apresentou-se como o período de menores totais pluviométricos em relação às demais. Os anos com estiagens foram 1974, 1977, 1978, 1985, 1991, 1994, 1999, 2002, 2003 e 2004.

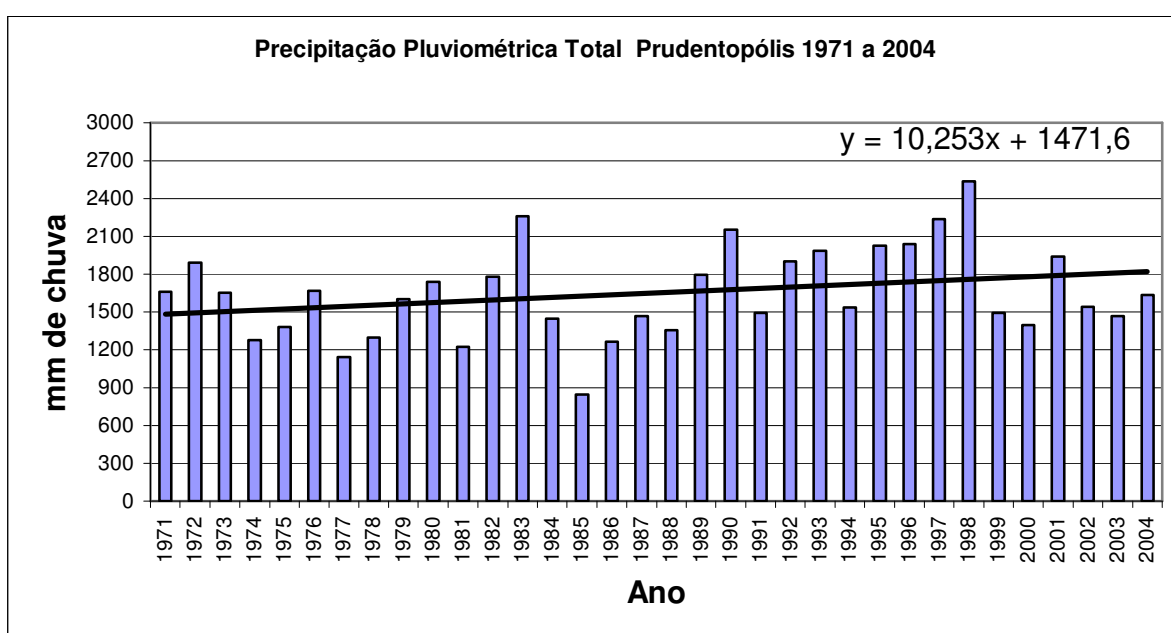


GRÁFICO 04: PLUVIOSIDADE TOTAL PRUDENTÓPOLIS 1976 A 2004  
 FONTE: AUTOR (2007)



### 7.3. Centenário do Sul

A tendência da precipitação para o município de Centenário do Sul é de redução nos índices de pluviosidade, embora muito pequena. Novamente observou-se que a variabilidade das décadas de 70 e 80 foi maior que a de 90 - 2000. Os anos com estiagens foram 1978, 1984, 1985, 1988, 1991, 1999 e 2000.

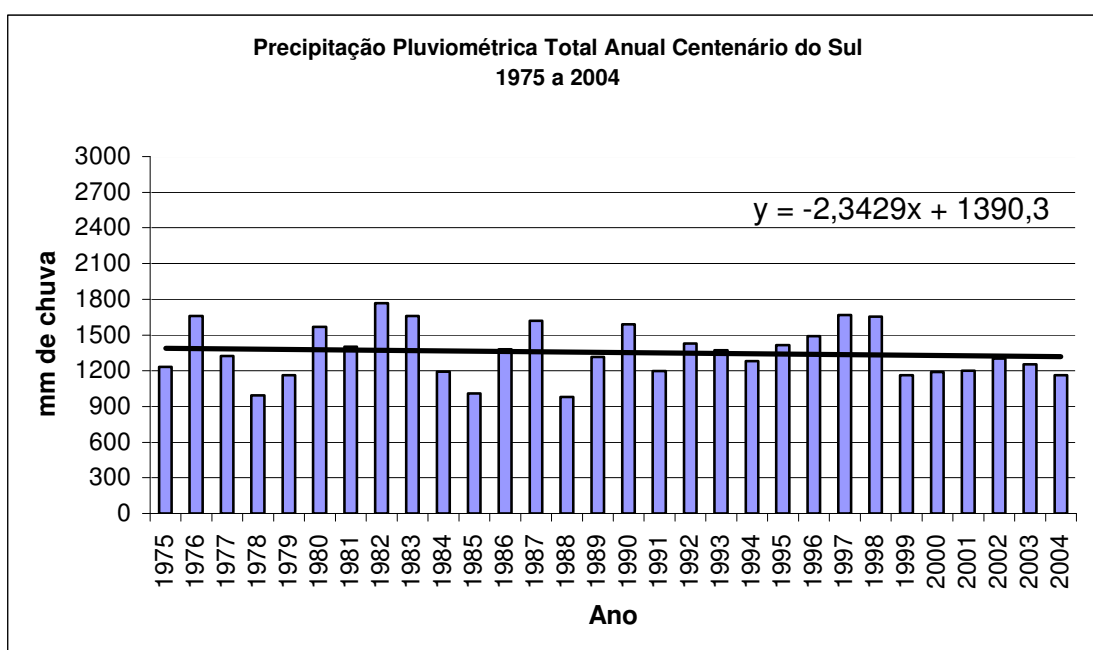


GRÁFICO 05: PLUVIOSIDADE TOTAL ANUAL CENTENÁRIO DO SUL 1975 A 2004

FONTE: AUTOR (2007)

## 7.4. Tibagi

Para o município de Tibagi observa-se tendência de redução acentuada na precipitação durante as quatro décadas analisadas, sendo que a década de 70 mostrou-se com maiores totais pluviométricos e a década de 80 com os menores. Os anos de 1982 e 1983 apresentaram um volume grande nos totais pluviométricos e os anos que apresentaram estiagens foram 1971, 1978, 1979, 1980, 1980, 1981, 1985, 1987, 1988, 1991, 1994, 1995, 1999 e 2004.

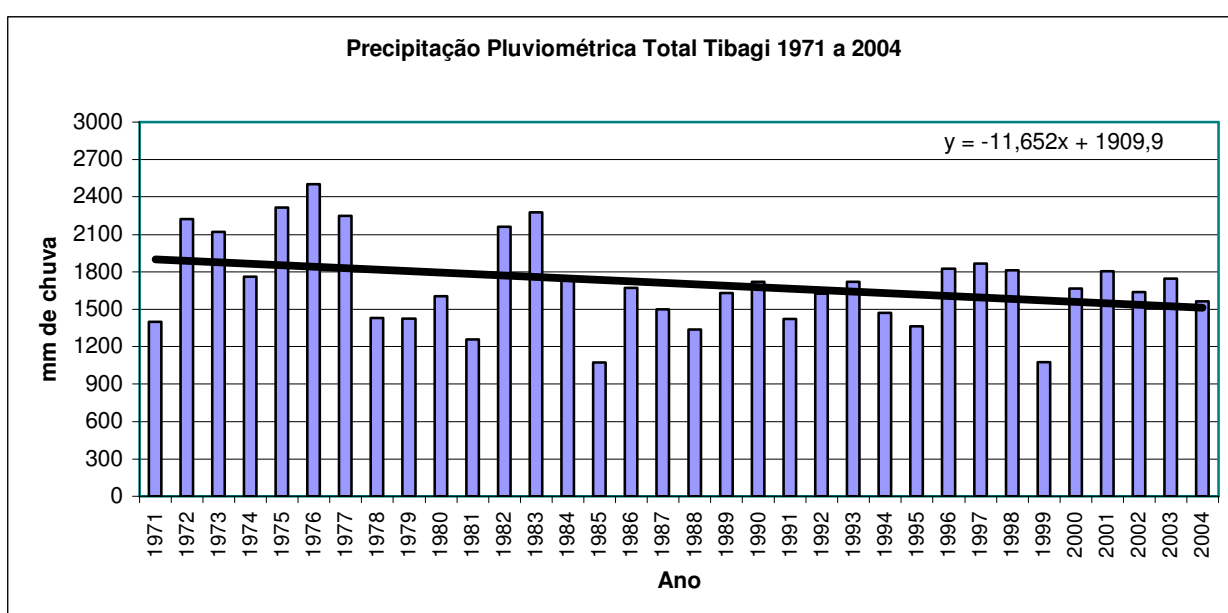


GRÁFICO 06: PLUVIOSIDADE TOTAL ANUAL TIBAGI 1971 A 2004  
 FONTE: AUTOR (2007)

## 7.5. Guaíra

A tendência da precipitação para o município de Guaíra é de aumento nos totais de pluviosidade anuais. 1983 mostrou-se atípico com uma precipitação muito maior que a média. A década de 70 apresentou uma redução progressiva, e do final da década de 90 para o início da década de 2000 ocorreu uma tendência de aumento, embora progressivo nos totais anuais de pluviosidade. Os anos com estiagens foram 1973, 1975, 1976, 1977, 1978, 1980, 1981, 1984, 1985, 1988, 1991, 1994, 1995, 1996, 1999, 2002.

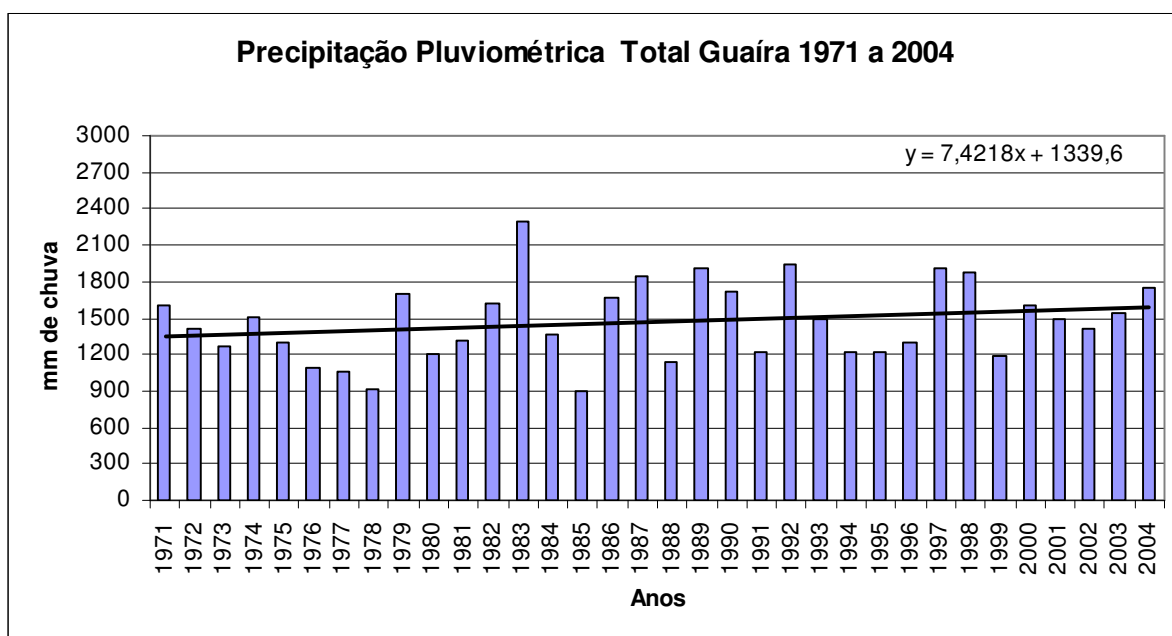


GRÁFICO 07: PLUVIOSIDADE TOTAL ANUAL GUAÍRA 1971 A 2004

FONTE: AUTOR (2007)

## 7.6. Ubiratã

A tendência da precipitação para o município de Ubiratã é de normalidade nos índices de pluviosidade, embora as décadas de 70 e 80 indicaram ter havido maior variabilidade. Os anos de maior pluviosidade foram 1983 e 1998 e os de menor pluviosidade os anos de 1978 e 1985. Os anos com estiagens foram 1974, 1975, 1977, 1978, 1984, 1985, 1988, 1991, 1994, 1996, 1999, 2000, 2003, 2004.

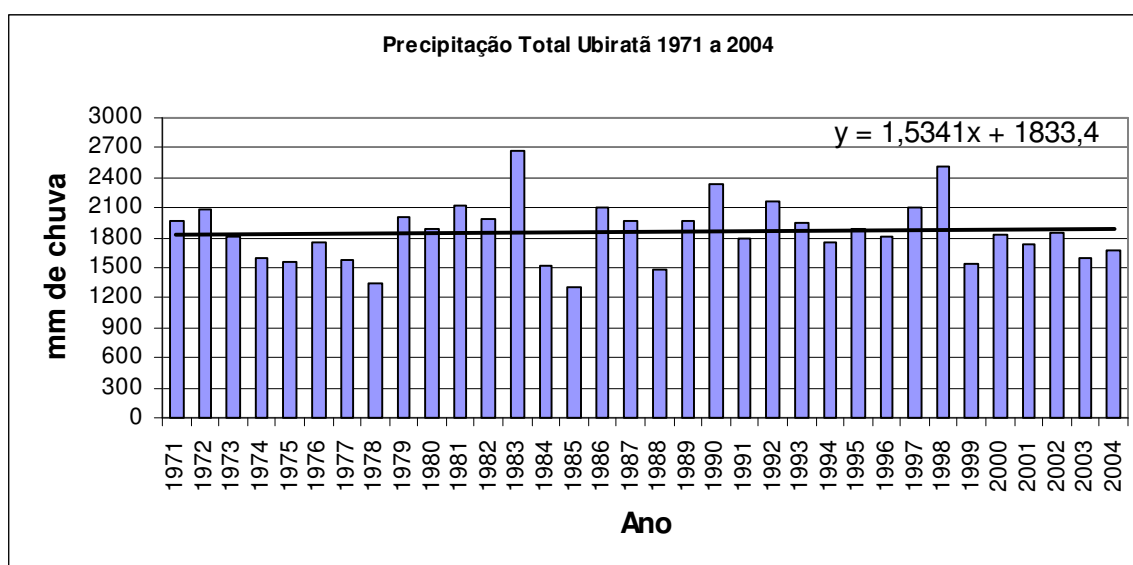


GRÁFICO 08: PLUVIOSIDADE TOTAL UBI RATÃ 1971 A 2004

FONTE: AUTOR (2007)

### 7.7. Morretes

Para o município de Morretes a tendência foi o de aumento nos índices da precipitação de pluviosidade. Devido à maritimidade os índices ficam acima dos 1200 mm de chuvas, existindo elevada quantidade de chuvas em todos os anos analisados.

Os anos com estiagens, apesar do clima mais chuvoso também ocorreram sendo os anos de 1978, 1985, 1987, 1988, 1991, 2000, 2003 e 2004.

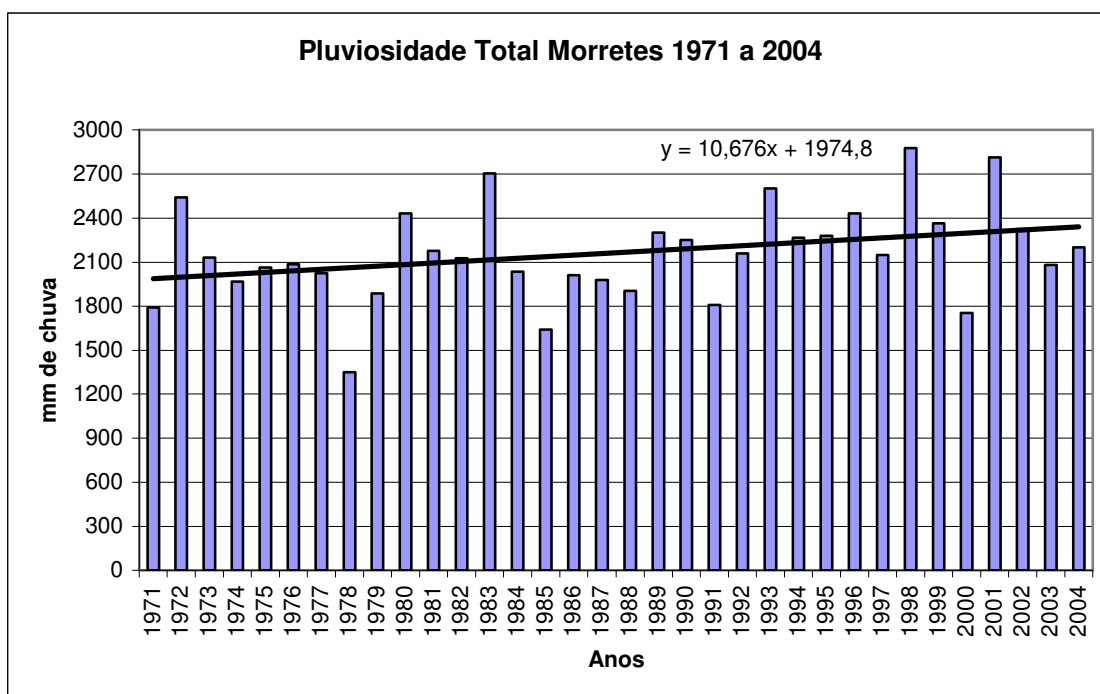


GRÁFICO 09: PLUVIOSIDADE TOTAL MORRETES 1971 A 2004

FONTE: AUTOR (2007)

## 7.8. São Pedro do Paraná

A tendência pluviométrica do município de São Pedro do Paraná foi de redução nos totais pluviométricos, sendo a década de 70 a que apresentou os maiores totais anuais, reduzindo estes totais nas décadas seguintes. A variabilidade entre os anos foi perceptível com a menor precipitação para o ano de 1988 e a maior para 1983. A diminuição dos totais marcou um período de grande instabilidade nos níveis de precipitação, variando de entre o mínimo de 600mm e o máximo de 1800 mm. Os anos com registro de estiagens foram poucos, se comparados com outros municípios, tendo ocorrido nos anos de 1978, 1985, 1988, 1990, 1991, 1999, e 2003.

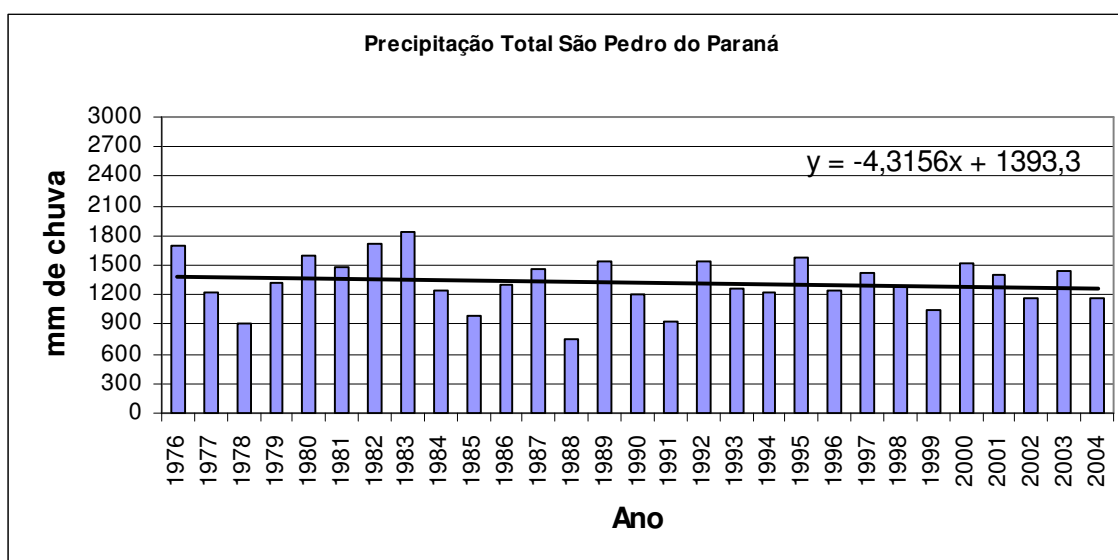


GRÁFICO 10: PLUVIOSIDADE TOTAL ANUAL SÃO PEDRO DO PARANÁ 1976 A 2004  
 FONTE: AUTOR (2007)

### 7.9. Curitiba

Observa-se para o município de Curitiba a tendência do aumento nos totais de pluviosidade, sendo que entre 1989 a 1998 estes foram mais elevados, ocorrendo então redução da pluviosidade total a partir de 1999 até 2004. A década de 80 foi a que apresentou maiores variações de pluviosidade. Ocorreram estiagens nos anos 1971, 1974, 1978, 1981, 1985, 1991, 1992, 1994, 2000, 2003 e 2004. Foram 11 estiagens em um período de 34 anos. Em 1985 ocorreu a estiagem mais intensa para este período analisado. Apesar do aumento da pluviosidade para o município de Curitiba, percebe-se que os anos onde registraram-se estiagens não dependeram necessariamente da ocorrência de um ano com menores totais de chuvas, bem como o ano posterior também pode ter apresentado elevado total pluviométrico.

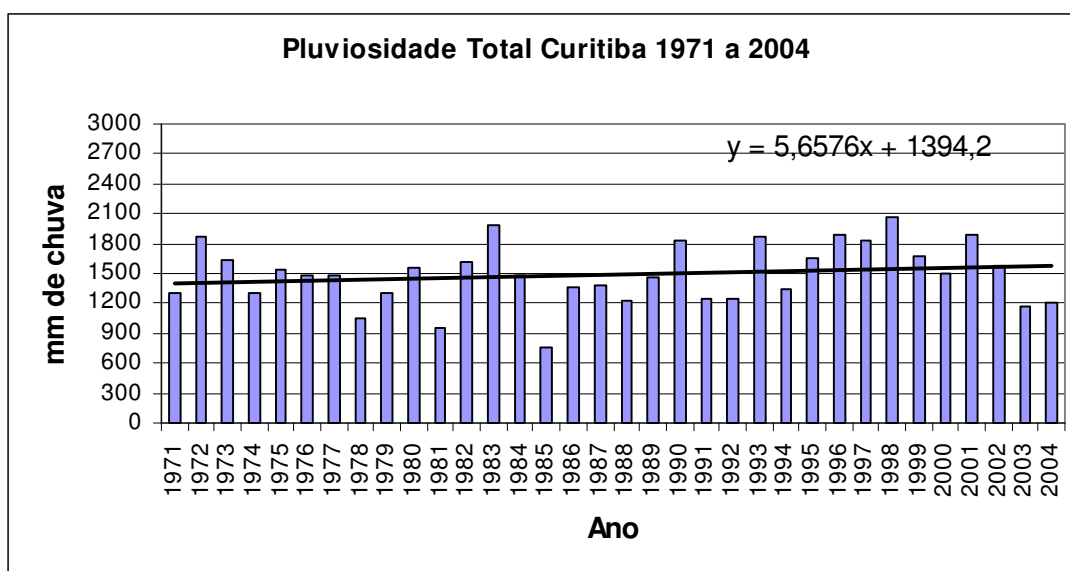


GRÁFICO 11: PLUVIOSIDADE TOTAL ANUAL CURITIBA 1971 A 2004  
 FONTE: AUTOR (2007)

### 7.10. Sengés

O município de Sengés teve uma tendência de normalidade durante 1976 a 2004, sem grandes variações pluviométricas. O ano mais seco foi o de 1985 e o de maior pluviosidade foi o de 1982. Os anos com estiagens foram 1977, 1978, 1981, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1994, 1999, 2000 e 2002.

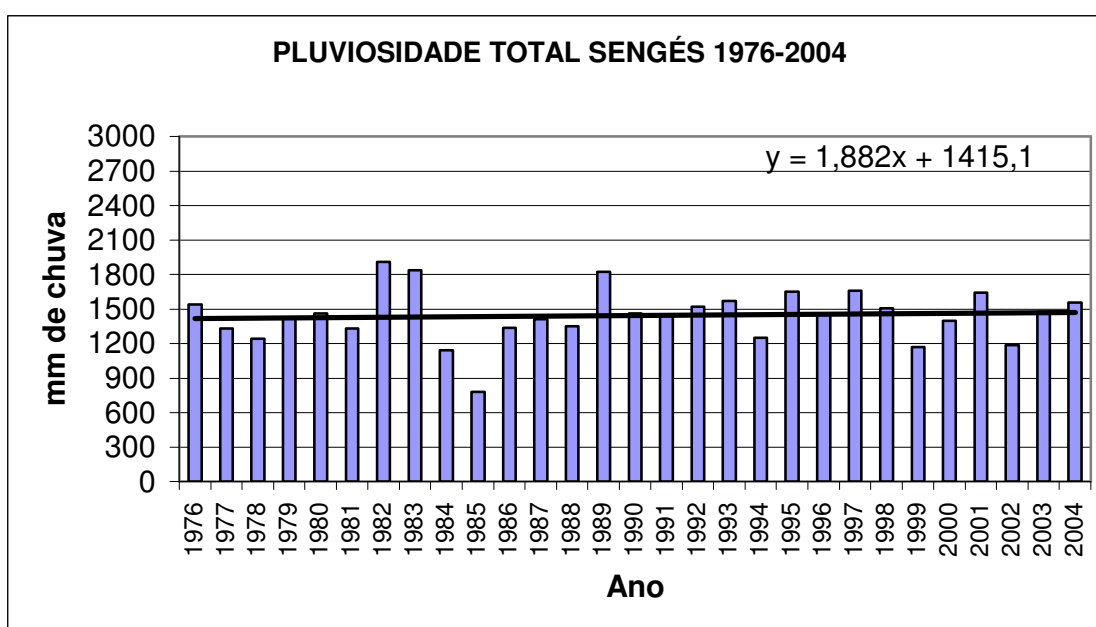


GRÁFICO 12: PLUVIOSIDADE TOTAL ANUAL SENGÉS 1976 A 2004  
 FONTE: AUTOR (2007)



### 7.11. Cornélio Procópio

A tendência para o município de Cornélio Procópio é de um pequeno aumento da pluviosidade. O ano mais seco foi o de 1985 e o mais úmido o de 1998. Os anos com estiagens foram 1977, 1978, 1979, 1981, 1985, 1986, 1988, 1994, 1995, 1996, 1999, 2000, 2001 e 2004.

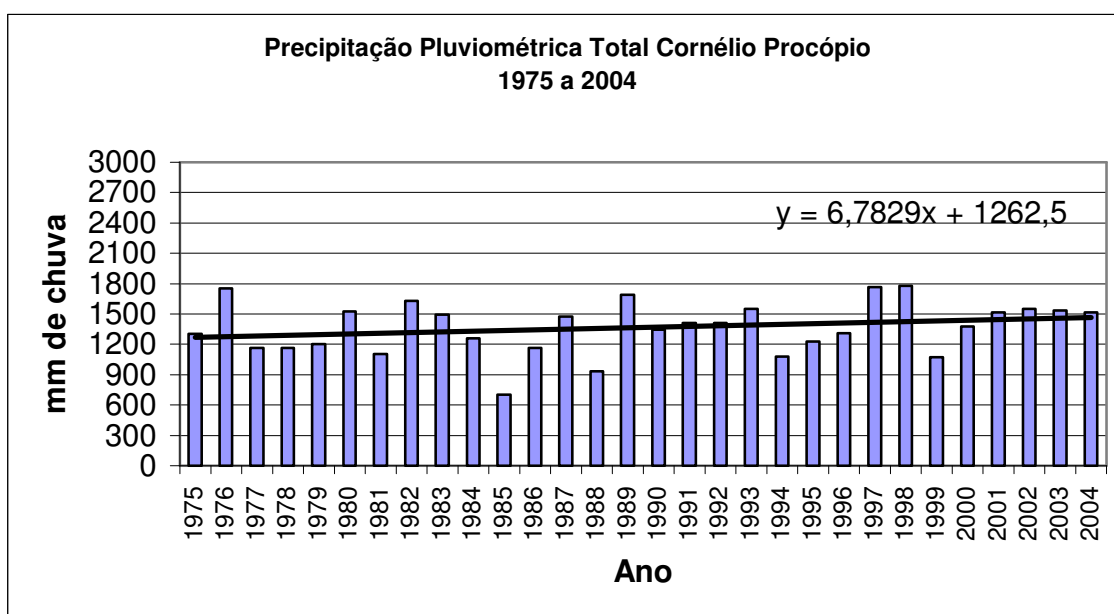


GRÁFICO 13: PLUVIOSIDADE TOTAL ANUAL CORNÉLIO PROCÓPIO 1975 A 2004  
FONTE: AUTOR (2007)

### 7.12. General Carneiro

O município de General Carneiro apresentou a tendência de aumento nos totais pluviométricos. A variabilidade da pluviosidade apresentou-se muito disforme entre os anos do período analisado alternado-se anos com baixa pluviosidade e anos com alta pluviosidade. O ano Chuvoso foi o de 1983 e o mais seco o de 1985. Os anos com estiagens foram 1971, 1974, 1976, 1978, 1985, 1991, 1993, 1994, 1995, 1999, 2000 e 2004.

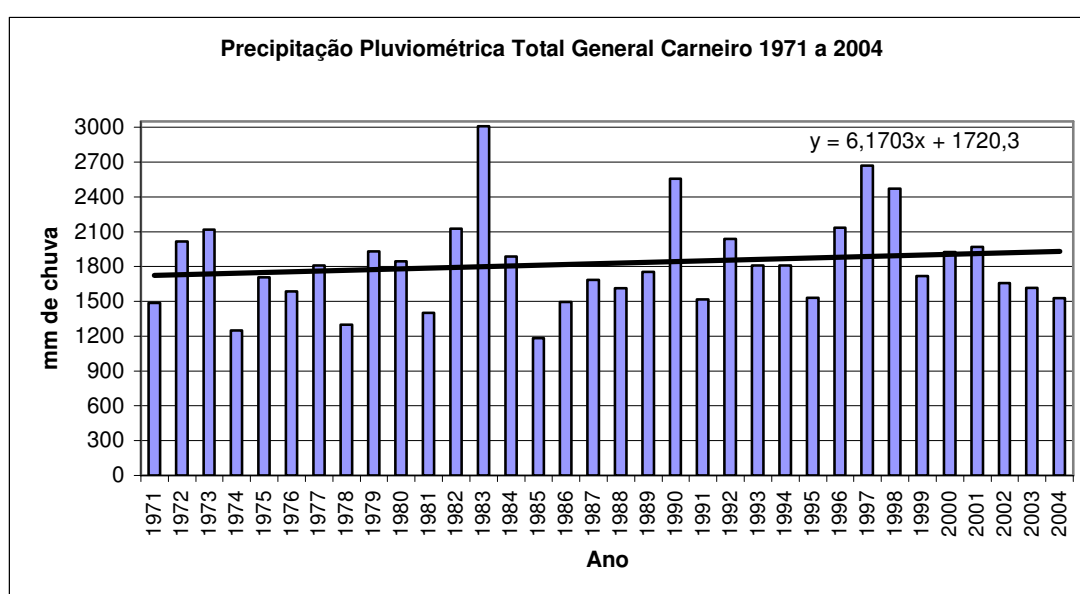


GRÁFICO 14: PLUVIOSIDADE TOTAL ANUAL GENERAL CARNEIRO 1971 A 2004  
 FONTE: AUTOR (2007)

### 7.13. Nova Londrina

Para o município de Nova Londrina notou-se o aumento das precipitações, apesar do gráfico mostrar alternâncias freqüentes entre anos chuvosos e anos secos, no decorrer das quatro décadas. Cinco anos apresentaram precipitações abaixo de 900 mm anuais e os anos com registro de estiagens foram 1977, 1978, 1985, 1988, 1991, 1994, 1995, 1999, 2002.

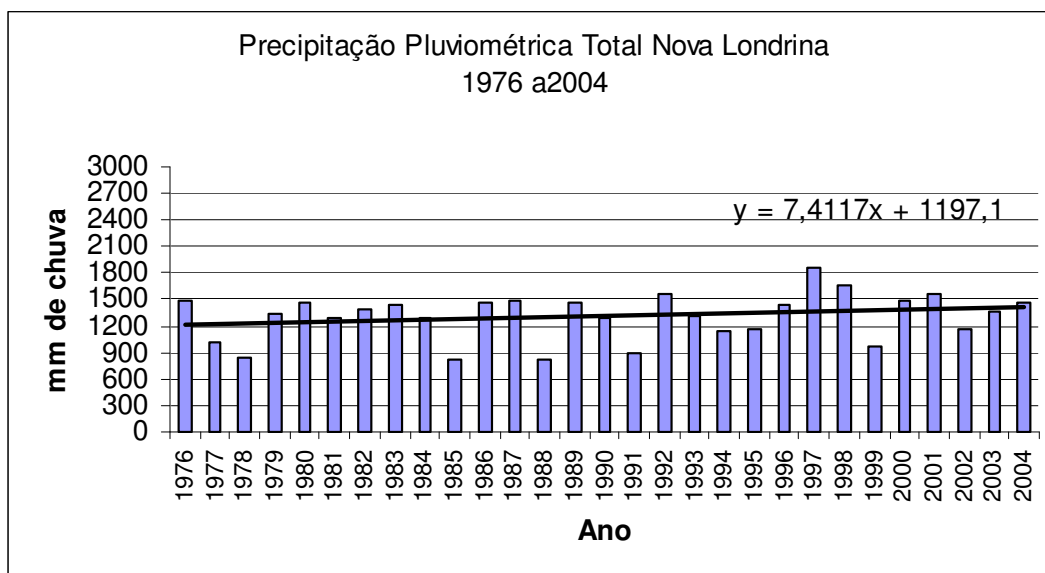


GRÁFICO 15: PLUVIOSIDADE TOTAL ANUAL NOVA LONDRINA 1975 A 2004  
FONTE: AUTOR (2007)

### 7.14. Ortigueira

No município de Ortigueira as chuvas acompanharam o padrão normal durante as décadas analisadas. Entretanto pode-se perceber que entre 90 a 2000 houve maior variabilidade interanual, com menores totais pluviométricos que as décadas de 70 e 80. Os anos com estiagens foram 1985, 1987, 1988, 1994, 1995, 1996, 1999, 2003.

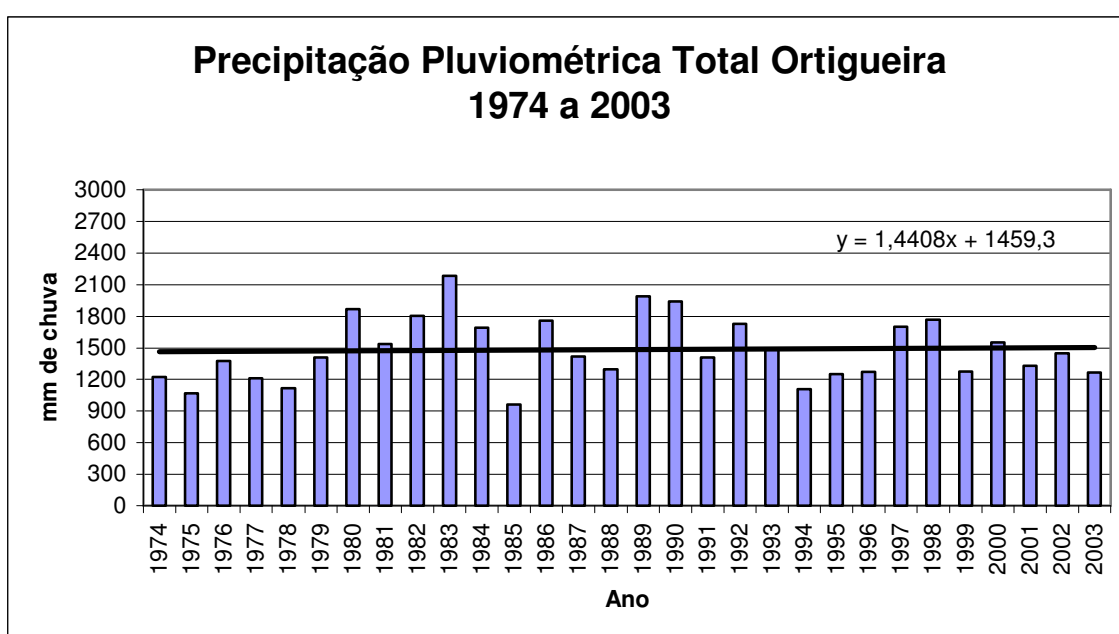


GRÁFICO 16: PLUVIOSIDADE TOTAL ANUAL ORTIGUEIRA 1974 A 2004  
FONTE: AUTOR (2007)

### 7.15. Ourizona

A tendência do município de Ourizona é um aumento nos índices de precipitação, sendo um município com menores disparidades interanuais nos totais de chuva, embora tenha havido uma homogeneidade no volume da pluviosidade a partir de 1997. Os anos com estiagens foram 1978, 1985, 1988, 1991, 1993, 1996, e 1999.

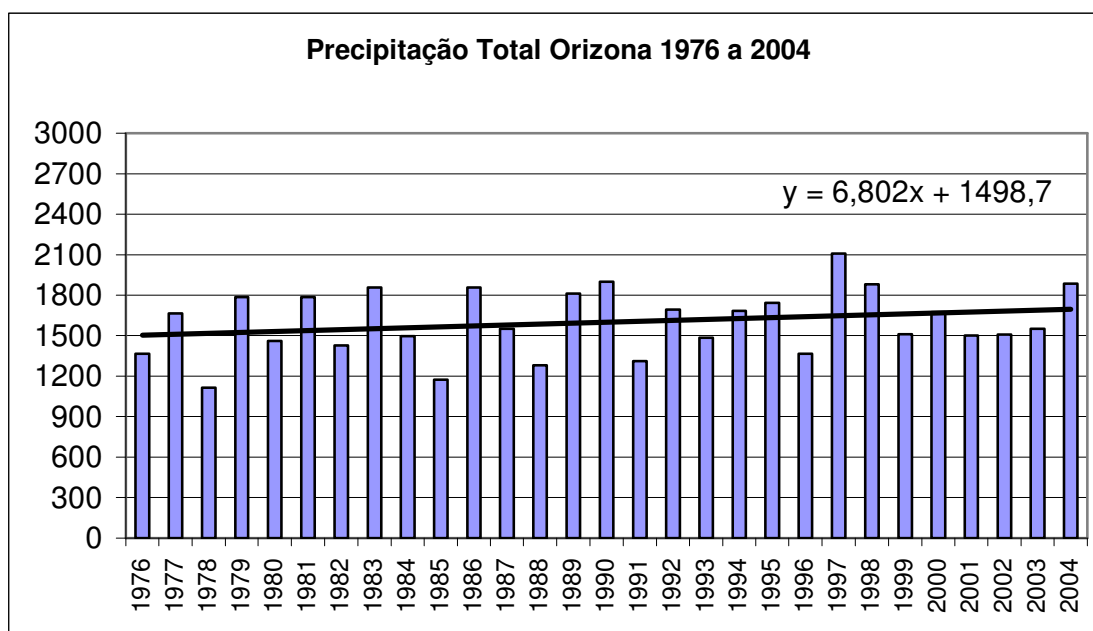


GRÁFICO 17: PLUVIOSIDADE TOTAL ANUAL ORIZONA 1976 A 2004

FONTE: AUTOR (2007)

### 7.16. Ponta Grossa

A tendência do município de Ponta Grossa é um suave aumento nos índices de precipitação. Ocorreu uma diminuição a partir de 1982 até 1988 quando começam a aumentar os volumes dos totais pluviométricos anuais indo desta forma até 1998, onde inicia-se então nova redução. Assim, a variabilidade das chuvas neste município mostrou-se permanente durante o período de estudo.

Os anos com estiagens registradas foram, 1978, 1979, 1985, 1988, 1991, 1992, 1999, 2003.

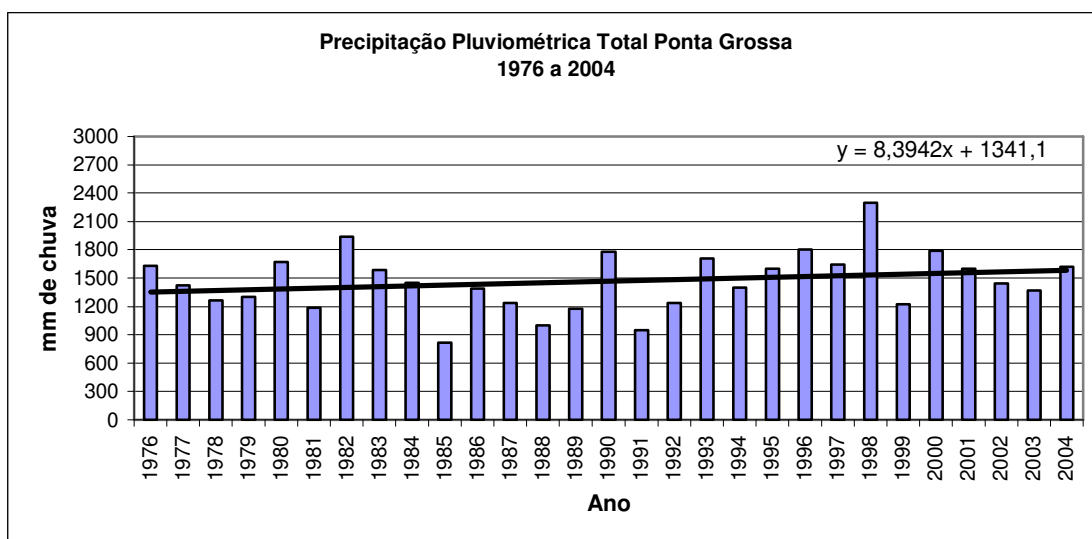


GRÁFICO 18: PLUVIOSIDADE TOTAL ANUAL PONTA GROSSA 1976 A 2004  
FONTE: AUTOR (2007)

### 7.17. Rio Negro

A tendência para o município de Rio Negro é de pequeno aumento nos índices de precipitação. Observa-se que entre 1971 até 1985, foi período de maior variabilidade dos totais anuais. 1985 foi o ano mais seco do período e os anos de 1983 e 1998 o de maiores índices de precipitação total. Os anos com estiagens foram 1974, 1981, 1985, 1991, 2000, 2003 e 2004.

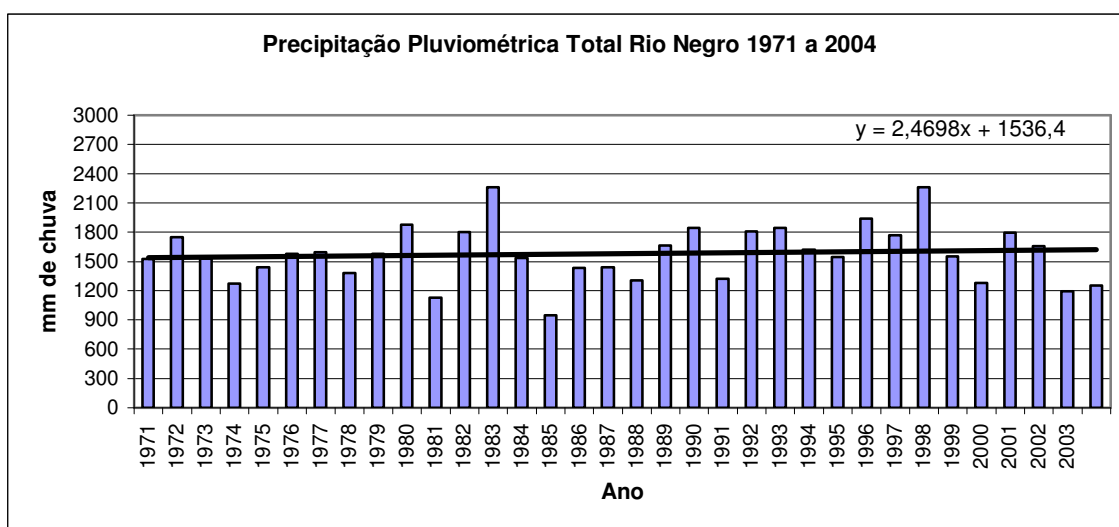


GRÁFICO 19: PLUVIOSIDADE TOTAL ANUAL RIO NEGRO 1971 A 2004  
 FONTE: AUTOR (2007)

### 7.18. Rolândia

A tendência para o município de Rolândia é de normalidade nos índices de precipitação, sendo que a região apresenta maior variabilidade interanual no início do período de estudo entre 1978 a 1980 e depois entre 1984 a 1990. Também é visível uma redução dos totais entre 1999 até 2004. Os anos com estiagens registradas foram 1978, 1984, 1985, 1991, 1994, 1999, 2000, e 2004.

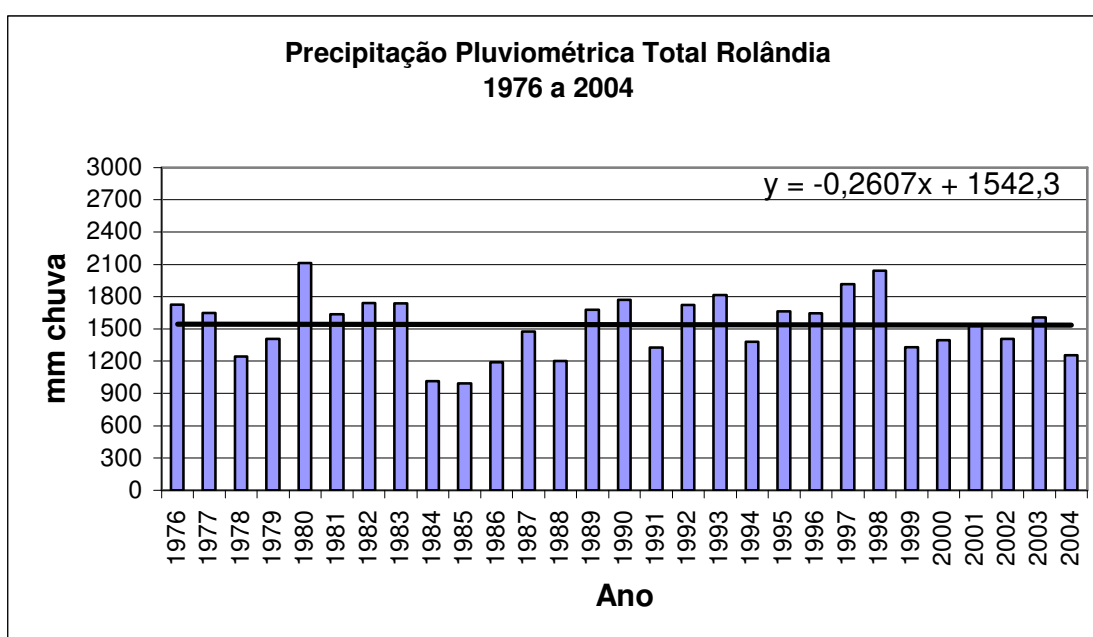


GRÁFICO 20: PLUVIOSIDADE TOTAL ANUAL ROLÂNDIA 1976 A 2004  
FONTE: AUTOR (2007)



### 7.19. PIÊN

A tendência do município de Piên é de aumento nos índices de precipitação. É perceptível que a década de 80 apresentou as maiores variabilidades interanuais entre os totais pluviométricos. Os anos com maiores totais pluviométricos foram 1980,1983,1990,1996 e 1998 e os anos com ocorrência de estiagens foram 1981, 1985, 1991, 2000, 2003, 2004.

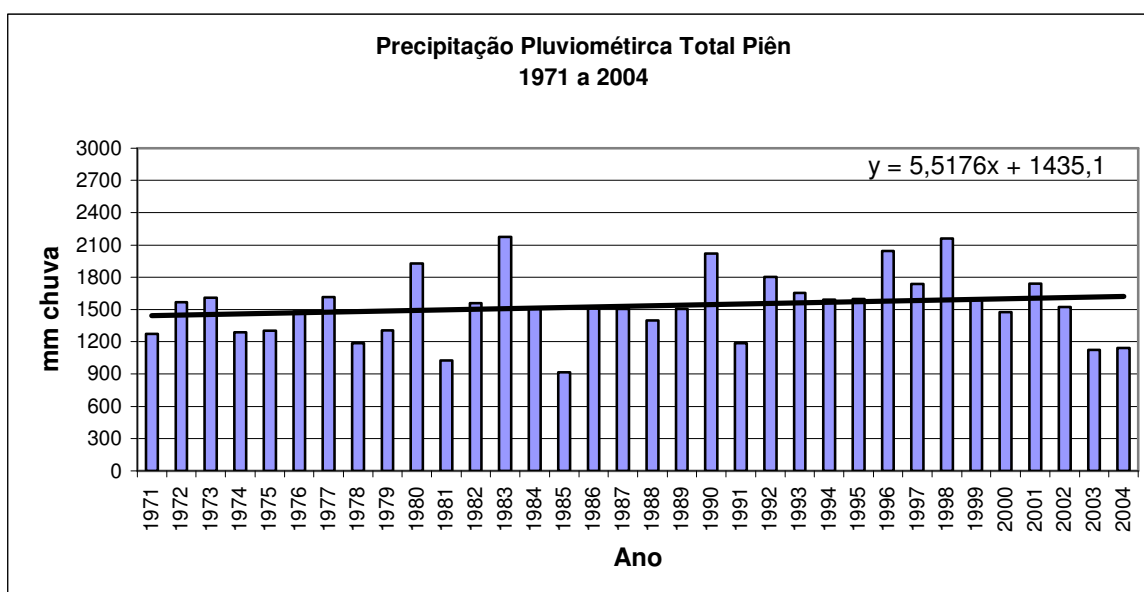


GRÁFICO 21: PLUVIOSIDADE TOTAL ANUAL PIÊN 1971 A 2004

FONTE: AUTOR (2007)

## 7.20. Lapa

A tendência do município da Lapa é de aumento significativo nos índices de precipitação, com anos de grande picos de alta pluviosidade como 1983, 1990 e 1998. Novamente os primeiros anos do período registram as maiores variabilidades anuais de chuva. Os anos com registros de estiagens foram 1981, 1985, 1991, 1995, 1999, 2000, 2004.

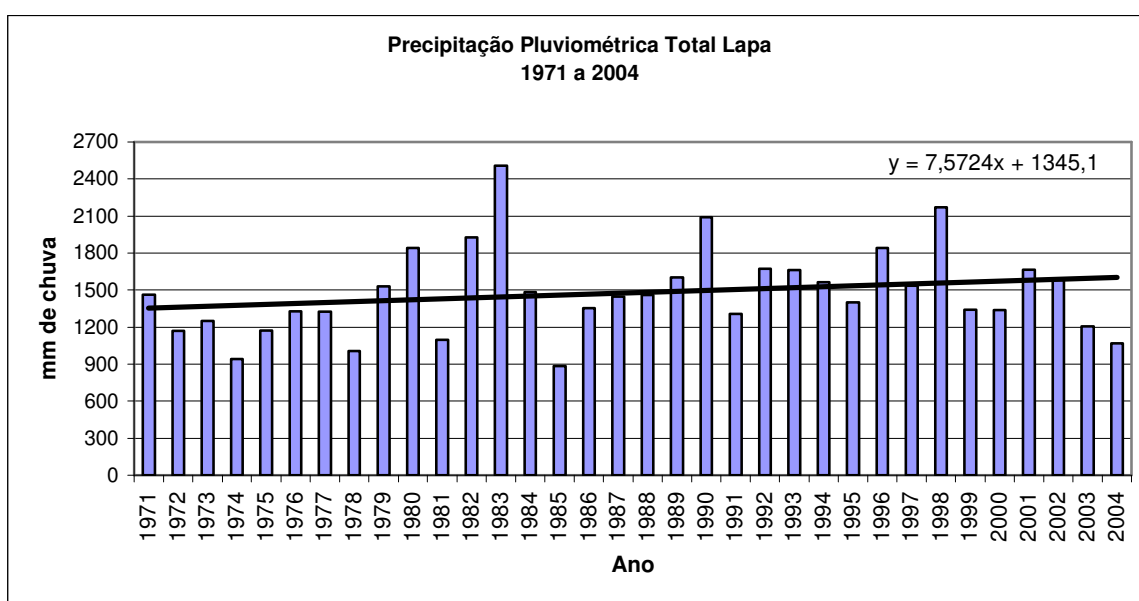


GRÁFICO 22: PLUVIOSIDADE TOTAL ANUAL LAPA 1971 A 2004  
FONTE: AUTOR (2007)

Dos vinte municípios analisados de acordo com as tendências dos totais anuais de precipitação, doze municípios demonstraram tendência para o aumento dos totais de precipitação, quatro para diminuição, sendo que outros quatro municípios apresentaram normalidade nos totais de chuva. Constatou-se assim que houve aumento na ocorrência de estiagens de maneira geral, mas também manteve-se ou aumentou a precipitação total em algumas regiões. Comparando-se esses dados, verificou-se que na maior parte dos municípios amostrados houve uma redistribuição da pluviosidade, indicando a maior concentração das chuvas em determinados meses e estações do ano, como na primavera e no verão, o que compensou a baixa pluviosidade nos períodos de estiagens que ocorreram principalmente nos meses de outono e inverno. 1985 foi o ano em que ocorreu estiagem em todas as regiões do estado do Paraná, de acordo com os municípios amostrados, o que indica que o fenômeno que levou a falta de chuvas foi bastante abrangente naquele ano.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estiagens e as secas são problemas enfrentados por muitos países e também ocorrem em estados brasileiros de acordo com os tipos de climas que apresentam. Os casos de estiagens passaram a ser notícias freqüentes no estado do Paraná a partir de meados da década de 80 e os problemas decorrentes da falta de água tornaram-se constantes na vida de muitas pessoas.

Nas últimas décadas porém, as estiagens passaram a afetar com mais freqüência as regiões de climas úmidos. Pode-se observar pelos dados analisados no presente trabalho que no Estado do Paraná houve de fato um aumento no número de estiagens entre 1971 e 2004. Esta é uma questão importante, pois o clima Paranaense sendo subtropical em sua maior parte, é caracterizado como tendo maior regularidade na distribuição das chuvas ao longo do ano, apresenta um pluviosidade média anual em torno de 1.600 mm. Pode-se também observar que em muitos municípios houve um pequeno acréscimo no nível das precipitações anuais, apesar das estiagens também terem aumentado. Isto mostra que ocorreu então uma distribuição irregular nas chuvas neste período de análise entre 1971 a 2004. As estiagens sempre existiram para a Região Sul e para o Paraná, mas provavelmente os autores não se preocupavam em relatar com mais destaque o problema, fixando seus textos na grande pluviosidade da região, transmitindo assim a idéia de que não existiam problemas de estiagens no Estado. Com o aumento das áreas ocupadas pela agricultura a preocupação com a regularidade das chuvas voltam a atenção para os períodos com falta de chuvas. O desenvolvimento da tecnologia e de novas descobertas sobre o comportamento dos climas também fez com que se entendesse melhor os acidentes climáticos. A facilidade da divulgação de informações sobre as condições do tempo climático são facilitadas atualmente pela televisão, telefone e internet, o que não existia a

algumas década atrás.

Desta forma entende-se que os totais anuais de precipitação praticamente não mudaram, o que ocorreu foi uma descontinuidade da distribuição destas chuvas durante o ano, sendo que o período de outono-inverno apresentou-se menos chuvoso e com ocorrências de estiagens com prolongamento para o inverno.

Questiona-se sobre o motivo do aumento de estiagens, se este aumento está relacionado com a mudança da estrutura da vegetação local, do crescimento das cidades, ou se faz parte de algo mais complexo ligado a alteração do clima global. Essa pesquisa não pretendeu descobrir as causas do aumento da falta das chuvas por períodos prolongados, mas sim comprovar se realmente existiu aumento das estiagens ao longo do máximo de tempo possível e que compreendeu da década de 70 até 2004. Para tal utilizou-se um método prático e adequado para obter-se índices de pluviosidade, e a partir daí organizou-se uma interpretação da ocorrência de estiagens em vários municípios. Os objetivos propostos foram atingidos de forma satisfatória, pois comprovou-se a eficiência do método para a análise e pode-se visualizar o aumento das estiagens de para o Estado do Paraná.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se constatar que a década de 70 apresentou um total de sete (7) municípios sem estiagens sendo: Arapoti, Cerro Azul, Goioxim, Lapa, Marquinho, Ortigueira e Piên. Esta década foi a que registrou o maior número de municípios sem estiagem. Os anos 70 também apresentaram 61% dos municípios entre uma a duas estiagens, o que significa que mais da metade do universo estudado apresentava, de certa forma, poucas estiagens.

A predominância de municípios sem estiagens evidenciava a maior variabilidade de distribuição das chuvas no Paraná. Para 25% dos municípios ocorreram de três a quatro estiagens, e apenas 7% dos municípios registraram entre cinco estiagens (municípios de Bocaiúva do Sul, Campo Largo, Guaratuba, Iguatu, Palotina, Toledo) a seis estiagens (município de Palmeira). Estes municípios estão ao sul da linha de 24º de latitude sul, correspondendo a

zona de menor pluviosidade do Estado do Paraná.

A distribuição espacial da concentração das estiagens variaram durante os períodos estudados. A década de 70 não apresentava números exagerados de municípios com estiagens recorrentes. Contudo, podendo-se observar um crescimento do número de municípios com a maior concentração de estiagens nos períodos seguintes até 2004.

A espacialização dos municípios com forte ocorrência de estiagens correspondem às mesorregião Metropolitana de Curitiba, Sudeste e Centro-sul, o que evidenciou uma predisposição para a concentração de estiagens nestas áreas, apesar de ser também onde existem os maiores índices médios de precipitação anual de chuvas. Entende-se dessa forma que apesar de áreas apresentarem índices pluviométricos médios anuais elevados, estas precipitações não são bem distribuídas, ou deixaram de ser principalmente nos últimos 34 anos.

Assim a distribuição espacial dos municípios evidenciou uma setorização climática regional nítida das estiagens, embora, contraditória à distribuição do volume de chuvas, ou seja, os setores mais chuvosos, apresentam um maior número de estiagens, evidenciando possivelmente a irregularidade atual da distribuição de chuvas. É possível que estas estejam atreladas ao uso do solo por atividades agropastoris no Estado, ou ainda de questões ligadas ao aquecimento global, ficando em aberto essas questões para próximas investigações.

Já com o estudo das médias os municípios que apresentaram o maior número de estiagens com valores entre 0.61 a 0.80 são os municípios de Matelândia e Francisco Alves, e no intervalo de 0.81 a 1.0 tem-se Bocaiúva do Sul, também localizados ao sul da latitude de 24º. Já os municípios que não apresentaram estiagens foram Arapoti e Ortigueira cortados pela latitude de 24º. Também se observou que os municípios de Goioxim e Marquinho são fronteiriços, o que define que a área de estiagem nesta região abrangeu uma grande extensão. Além disso, confirma que os cálculos em duas estações distantes uma da outra registraram índices pluviométricos similares mostrando

que as condições climáticas foram parecidas nos dois municípios vizinhos.

Durante a década de 80 o número de municípios que não apresentaram estiagens caiu para apenas dois municípios: Campina Grande do Sul e Quitandinha. Simultaneamente houve aumento dos municípios com incidência de estiagens nessa década. O intervalo entre cinco a seis estiagens teve um aumento de mais de 50%.

Na década de 90, foram apenas três municípios que não apresentaram nenhum caso de estiagem: Bom Sucesso, Douradina e Guaratuba. Percebeu-se a redução de municípios com baixo número de estiagens (entre uma a duas estiagens), passando de 31% dos municípios na década de 80 para 13% na década de 90. Entretanto, ocorreu um aumento de 15% nos intervalos com maior número de estiagens. Nessa década constatou-se a ocorrência de dois municípios, Jardim Alegre (7) e Mercedes (7), entre sete a oito estiagens na década. Esses municípios apresentaram um problema grave de estiagem, pois praticamente tiveram estiagens todos os anos nessa década, mesmo que brandas, acarretando, muito provavelmente, problemas para vários setores da economia locais, notadamente o agropecuário.

Analisando-se as médias, constatou-se que três municípios registraram os índices mais elevados de ocorrência de estiagens entre 0.61 a 0.80, sendo Cornélio Procopio (0.63), Jardim Alegre (0.70) e Mercedes (0.70). A maioria dos municípios classificou-se entre 0.21 a 0.40 demonstrando que a década foi marcada por muitas estiagens em 54% dos municípios analisados.

O Período entre 2001 a 2004 mostrou um grande número de estiagens em um pequeno espaço de tempo. Pode-se identificar que a ocorrência de estiagens foi uma constante no perfil climatológico do Paraná neste período que se estudou. Do total, 70% dos municípios analisados apresentaram entre 7 a 12 estiagem no período entre 1971 a 2004, sendo que dos cem municípios, todos apresentaram estiagens dentro do espaço de tempo mencionado.

Trinta e dois dos municípios apresentaram entre sete a nove estiagens e trinta e nove entre dez a doze estiagens. Estes números mostram que foi freqüente a ocorrência de estiagens no Paraná e seus efeitos repetidos

certamente causaram dificuldades em todos os setores da economia para os municípios atingidos.

Com relação as análises baseadas nas Médias dos Totais de Estiagens observamos uma diluição maior das estiagens entre os diferentes intervalos de quantidades de estiagens. Da mesma forma o intervalo com maior ocorrência de estiagens passa de quatro na tabela de Números Absolutos para sete na tabela de Médias de Estiagens. Evidenciou-se em vários municípios a ocorrência de estiagens no mínimo uma a cada dois anos, aproximadamente.

Comparando-se as décadas estudadas entre si, observou-se um aumento do número de estiagens da década de 1970 para a de 2000.

No caso do município de Palmeira ocorreram dezessete estiagens num período de 34 anos. Isto significa 50% do período analisado apresentaram estiagens. Além disso vários anos da década de 70 mostraram que vários meses consecutivos mantinham episódios de estiagem concentrando-se nos meses de outono e inverno sendo que o mês com maior número de estiagens foi abril.

Pode-se considerar que é necessário um plano permanente de assistência por parte dos órgãos administrativos para amenizar os problemas decorrentes das estiagens recorrentes no Estado do Paraná, caso este processo de incremento no numero de estiagens torne-se realmente uma constante nas décadas futuras. Geralmente os agropecuaristas acessam a um fundo ou seguro do Ministério da Agricultura que cobre a perda da produção devido a desastres naturais. Seria necessário um esquema de prevenção às estiagens que envolvesse também o setor privado de forma que os próprios agricultores tivessem meios de amenizar os prejuízos nos períodos de falta de chuvas. Silos, barragens, sistemas de canalização, reflorestamentos, e várias outras medidas técnicas devem ser incrementados , caso a tendência de maior frequência de estiagens no Estado venha a se confirmar futuramente. Também pesquisou-se para saber se as estiagens eram o resultado da redução da precipitação do total anual, ou se era uma má distribuição das chuvas estava sendo em caráter menos homogêneo pelos meses do ano. Para isso escolheu-



se vinte entre os cem municípios selecionados. O resultado foi a percepção de que as médias pluviométricas tiveram uma pequena alta em doze dos vinte municípios. Também constatou-se que ocorreu uma compensação da pluviosidade dos meses secos no período dos meses chuvosos, na maior parte dos municípios.

---

## REFERÊNCIAS:

AB`SÁBER, A. N. **Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical**. Geomorfologia, São Paulo, v.53, p. 1-19, 1977.

ALMEIDA, F.G. et al. **A importância estratégica da água para o terceiro milênio**: RJ, Universidade Federal Fluminense. 2002.

ALMEIDA, I. R. **O clima como fator de expansão da cultura da soja no Centro-Oeste**. 112 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA, Campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2005.

ALMEIDA, I.R., Neto, J.L.S. **A VARIABILIDADE DAS CHUVAS E A EXPANSÃO DA CULTURA DA SOJA NO BRASIL: cenários possíveis sob a hipótese das mudanças climáticas**. Embrapa. São Paulo.

AYODE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2002.

BALDOCCHI, D. **The carbon cycle under stress p 483**. Nature Magazine. 2005. Disponível em :<http://www.nature.com/nature/journal/v437/n7058/index.html>  
Acesso em: 26 setembro 2005.

DIAZ, H. F. **El Nino**. England.Cambridge University Press, 1992.

BARCHA, S. F. ; ARID, F. M. **Estudo da evapotranspiração na região norte-ocidental do estado de São Paulo**. Caderno de ciências da terra, São Paulo, v.27, p.1-28, 1972.

CARAMORI, P. H. ; ARITA, C. A. **Evapotranspiração potencial no estado do Paraná segundo o método de Penman**. IAPAR, Londrina, p. 1-41, 1988.

CARAMORI, P. H. et al. **ANÁLISE HISTÓRICA DO CLIMA PARANAENSE**. IAPAR, Londrina, Resumo. 1988.

CARVALHO, M. S. **O uso do solo na década de 1960 no norte do Paraná e a política cafeeira**. Revista do departamento de geociências, Londrina, v.8, n.2, p.135-142, 1999.

CARVALHO, O. **A civilização da seca**. Rio de Janeiro : Ed. Campus, 1988.

CASADO, V. Bolsa estiagem prevê gasto de R\$ 207 milhões. Jornal Folha de Londrina. Arquivo Folha/26042004.

CEPETEC. **El Niño**. Disponível em: <[http://www.cptec.inpe.br/enos/Oque\\_el\\_nino.shtml](http://www.cptec.inpe.br/enos/Oque_el_nino.shtml)> Acessado em: 17 de maio de 2006.

COVILLE et Al. **Condicionantes climáticos De La Desertificacion**. Universidade de Talca. 1997. Texto.

DANNI-OLIVEIRA, I.M. **A cidade de Curitiba/Pr e a poluição do ar. Implicações de seus atributos urbanos e geológicos na dispersão de poluentes em período de inverno**. 317 f. Tese. (Doutorado em Geografia) Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

DE MARTONNE, E. Tratado de Geografia Física Tomo I Nociones Generales Clima Hidrografia. Editora Juventude, S.A. Barcelona, Espanha. 1964. Primeira Edição.

DICIONÁRIO DOS CAMPOS GERAIS (2007) Disponível em: <[http://www.uepg.br/dicion/verbetes/n-z/segundo\\_planalto.htm](http://www.uepg.br/dicion/verbetes/n-z/segundo_planalto.htm)> Acesso em: 25 de março 2007.

DOWNING, D. **Estatística Aplicada**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2000, 455p.  
FERNANDES, M. **Água**. IAPAR, Londrina, Resumo. 2006.

EMBRAPA. **DA CULTURA DA SOJA NO BRASIL: Cenários possíveis sob a hipótese das mudanças climáticas**. São Paulo.

FONTANA, D.C. e BERLATO M.A. **Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, 1999.

FONTANA, D.C. e BERLATO M.A. **Relação entre El Niño Oscilação Sul (ENOS), precipitação e rendimento de milho no Estado do Rio Grande do Sul** - Pesquisa Agropecuária Gaúcha, 1996.

GAZETA DO POVO. **Seca leva decretação do estado de emergência**. Gazeta do Povo. Curitiba, 09 de março 2005. Caderno Observatório, p. 12.

GEOGRAFIA. Rio Claro, SP: **Associação de Geografia Teorética**, v.27, n. 3, dez, 2002.

GLOSSARY OF METEOROLOGY. Disponível em  
<http://ams glossary.allenpress.com/glossary> Acesso em: 17 de maio 2006.

GONÇALVES, A. **Oeste e sudoeste do Paraná à beira do racionamento de água.** Gazeta do Povo, Curitiba, 10 de mar 2005. Caderno Paraná, p. 03.

GONÇALVES, E.F. , MOLLERI, G.S.F. ; RUDORFF, F. M. **Distribuição dos desastres Naturais do Estado de Santa Catarina. Estiagem: (1980-2003)** In: Simpósio Brasileiro de Desastres naturais, 1., 2004. Florianópolis . Anais Florianópolis, GDN/UFSC, 2004 p. 773-786.

GONÇALVES, E.F; et al. **Distribuição dos Desastres Naturais no Estado de Santa Catarina: Estiagem (1983-2003).** Florianópolis:GEN/UFSC, 2004  
 HANDERSON-SELLERS, A. ROBINSON, P.J. **Contemporary Climatology.** London. Longman, 1992.

HARRY, L. e A. TELES. **Subsídios Para Políticas Públicas De Mitigação Dos Efeitos Da Estiagem Sob A Ótica Ambientalista.** Eng. Agr. Harry Luiz A. Teles Londrina, 27 De Setembro, 2006. FONTE: IAPAR (2006)  
 Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/teses99/milioli/figuras/5.gif>> Acesso em: 10 de abril 2007

HAYES, M. J. **Drought Indices** . EUA.National Drought Mitigation Center. 2006.  
 Disponível em: < <http://www.drought.unl.edu/whatis/indices.htm#pdsi> > acessado em 15 Mar.2006.

IAPAR. **CARTAS CLIMATICAS.** Disponível em:  
 <[http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas\\_Climaticas/Cartas\\_Climaticas.htm](http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Cartas_Climaticas.htm)> Acesso em: 25 de março 2007.

IBGE – ESTATISTICA DA POUPALCAO DO PARANA 2005.  
 LabMet: Disponível em: < <http://www.nemrh.uema.br/meteoro/elnino.htm> > Acesso em: 19 de março 2007).

LIU, W.T.H. at al. **Impacto de desmatamento na mudança climática regional via satélites.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 593-600.

MAACK, R. **Geografia Física do Paraná.** Curitiba. Imprensa Oficial, 2002.

MARQUES, F. O tempo esquentou. **Revista Pesquisa Fapesp** . São Paulo, nº 109, p. 30-36, 2005.

MILIOLI, G. **Abordagem Ecológica Para A Mineração: Uma Perspectiva Comparativa Para Brasil e Canadá.** Florianópolis .1999.

Ministério da Integração Nacional (2003).

MONTEIRO C.A.F. **A Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada Sul-Oriental do Brasil.** Série Teses e Monografias, n. 01 EDUSP. 1969.

NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER. **Drought.** Disponível em <<http://drought.unl.edu/whatis/what.htm> > Acesso em: 5 jul 2006 Nebraska (2006).

NERY, J.T. et al. **Caracterização da precipitação no Estado do Paraná.** Revista Brasileira de Agrometeorologia. Santa Maria. V4, n.2 p. 81-89, 1996.

NERY, J.T. et al. **VARIABILIDADE INTERANUAL DA PRECIPITAÇÃO NO PARANÁ.** Revista Aerometeorologia. 1997.

NETO, R.B. Onda de Calor reforça efeito estufa. **Jornal Folha de S. Paulo**, São Paulo, 22 set. 2005. Caderno Ciência, p. A20.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro. Editora IBGE, 1979.

NIMER, E. **Geografia do Brasil Região Sul, Volume 5** , Rio de Janeiro, 1977, IBGE, Sergraf.

NOBRE, C.A. et al. **Mudanças Climáticas e possíveis alterações nos biomas da América do Sul.** Relatório 6. São Paulo. Ministério do Meio Ambiente.

RELATÓRIO DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS – SBF DIRETORIA DE CONSERVAÇÃO. 2007.

OLIVEIRA, D.S.O. **ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA O ESTADO DO PARANÁ.** FLORESTA 34 (2), Mai/Ago, , 217-221, Curitiba, Pr. 2004.

PALLONE, W. J. F. **PROCESSAMENTO DE IMAGENS AVHRR/NOAA VISANDO O MONITORAMENTO DE ESTIAGEM.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola na área de concentração em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável. CAMPINAS, 2003.

PEIXOTO; BONDAROVSKY. **Água, bem econômico e de domínio público.** nº 12 p. 13 a 16 . Brasília: Centro de estudos Judiciários do conselho de Justiça Federal. 2000.

PEIXOTO, A. S. F; BONDAROVSKY, S.H. **Água, Bem Econômico E De Domínio**

**Público.** ( R. Cej, Brasília, N. 12, P. 13-16, Set./Dez. 2000).  
Repelli e Alves (1996).

REVISTA SCIENTIFIC AMERICAN. São Paulo: nº 12, Edição Especial. Set, 2005.

ROBERTSON, A. C. **Avarege Precipitation.** Wheatherwise, USA, v.35, p. 198, #4, 1982.

SCHUCH, E. U.; LIMA, J. F. **Disponibilidade de água na região oeste do Paraná: estudo e análise da possibilidade de escassez em alguns municípios.** Revista de estudos ambientais, Blumenau, v.4, n.1, p.67-77, 2002.

SERRA, A. B. **Previsão das Secas Nordestinas.** Quarto Livro das Secas. Rio Grande do Norte.Fundação Guimarães Duque. Centro de Estudos e Debates Cabe Filho, Assembléia Legislativa de Do Rio Grande do Norte, Escola Superior de Agricultura de Mossoró, coleção Mossoroense, Volume CLXXXV, 1982.

SILVIA M. C.; STIPP.N. A. F. **CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO BALANÇO HÍDRICO NO ESTADO DO PARANÁ: UMA PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA.** GEOGRAFIA – LONDRINA – VOLUME 13 – NÚMERO 1 – JAN./JUN. 2004. Disponível em: <<http://www.geo.uel.br/revista>> Acesso em: 23 de novembro 2006.

SPIEGEL, M. R. **Estatística.** 4 ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1972, 580 p.

STRAHELER, A. **Geografia Física.** Barcelona. Edições Omega, 1989.

STRAHELER, A. H.; STRAHELER, A. N. **Modern Physical Geography,** 4ª edição, USA, John Willey & Sons, Inc. 1992, 638 p.

TARIFA, R.T. **Sucessão de tipos de tempo e variação do balanço hídrico no extremo oeste paulista.** 171 f. Tese (Mestrado em Geografia)- Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1973.

THORNTHWAITTE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance.** Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

TUCCI, C.E.M. et al. **Relatório Nacional sobre o gerenciamento da Água no Brasil.** Brasil. 2000.

TUCCI, C.E.M. **Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos.** Estudo preparado como contribuição da ANA – Agência Nacional de Águas para a Unesco. ?Ressucitará el Mar de Aral? 2000. Disponível em: [http://www.unesco.org/courier/2000\\_01/sp/planete/intro.htm](http://www.unesco.org/courier/2000_01/sp/planete/intro.htm) Acesso em: 10 de setembro de 2005.

VILELA, R. J. **Variações climáticas anuais e produção agrícola.** Caderno de Ciências da Terra, São Paulo, v.34, p.1-9, 1973.

ZAVATINI, J.A. **Dinâmica Atmosférica e Variações Pluviais no Oeste de São Paulo e Norte do Paraná.** Boletim de Geografia Teórica. Rio Claro, São Paulo, Vol. 15 nº 29-30. 1995.

---